

مركز البحوث

إدارة العمليات

النظم والأساليب والاتجاهات الحديثة

الجزء الأول

تأليف

د. نجم عبود نجم

التعليب والتعبئة

المعالجة بالحرارة

الصقل

الطلاء

التشكيل بالطرق

المنتجات

المخرجات

(١)

(٢)

(٣)

(٤)

(٥)

بسم الله الرحمن الرحيم



مركز البحوث

إدارة العمليات :

النظم والأساليب والاتجاهات الحديثة

الجزء الأول

تأليف

د. نجم عبود نجم

١٤٢٢هـ ـ ٢٠٠١م

بطاقة الفهرسة

(ح) معهد الإدارة العامة ، ١٤٢١هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر .

نجم ، عبود نجم .

إدارة العمليات : النظم والأساليب والاتجاهات الحديثة - الرياض .

٩١٢ ص ؛ ٥ر١٦ × ٥ر٢٣ سم .

ردمك : ٥ - ٠٦٩ - ١٤ - ٩٩٦٠

١ - إدارة الأعمال أ - العنوان

ديوى : ٦٥٨ ، ٥٤ ٢١ / ٠٢٣٨

رقم الإيداع : ٢١ / ٠٣٢٨

ردمك : ٥ - ٠٦٩ - ١٤ - ٩٩٦٠

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة

الإهداء

إلى أسرتي

زوجتي

وأبنائي :

شيماء

سهيل

أصداء

دعاء

مقدمة

هذا الكتاب يقدم فكرة شاملة واضحة عن إدارة العمليات (الإنتاجية والخدمية) من خلال التغطية التفصيلية للقسم الأكبر من موضوعات ومفاهيم إدارة العمليات . ولعل فى هذه التغطية الشاملة والتفصيلية ما يساعد الطلبة الدارسين والمديرين الممارسين على أن يكونوا أكثر قدرة على فهم ومعالجة المشكلات التى تواجههم ، سواء على مستوى المفاهيم النظرية أو الأساليب العلمية .

ولقد حاول الكتاب بصبر وأناة أن يقدم منهجية محددة على مستوى الكتاب ، وعلى مستوى كل فصل لمجالات إدارة و إستراتيجية العمليات من جهة ، وللأساليب وتطبيقها من جهة أخرى ، فى إطار واضح من المتابعة الجدية للتطورات فى مفاهيم وأساليب إدارة العمليات . وقد تجلى ذلك فى تغطية الكتاب لمفاهيم حديثة كثيرة منها :

فى مجال العمليات مثل : إستراتيجية العمليات ، المنافسة القائمة على الوقت ، المنافسة القائمة على الخدمة ، إعادة الهندسة ، ورقابة الجودة الشاملة .. إلخ .

فى مجال أنظمة العمليات : نظام تخطيط الاحتياجات من المواد (MRP) ، نظام تخطيط الموارد الصناعية (MRP II) ، نظام الوقت المحدد (JIT) ، وتكنولوجيا الإنتاج المثلى (OPT) ... إلخ .

فى مجال التجربة اليابانية : إستراتيجية العمليات : المدخل اليابانى ، الخصائص الأساسية للتجربة اليابانية فى مجال الجودة ، وفقرات عن مفاهيم وتطبيقات هذه التجربة فى الموقع ، التنظيم الداخلى ، المنتوج ، التخطيط الإجمالى ، والجدولة ...الخ .

فى مجال الخدمات : تضمنت جميع فصول الكتاب تقريبًا فقرات عن الخدمات وتطبيقات إدارة العمليات فى هذا المجال .

فى مجال الأساليب : تضمن الكتاب عرضًا لبعض الأساليب الكمية كما هو الحال فى البرمجة الخطية ، إدارة المشروعات ، نماذج المخزون ، والتنبؤ ... إلخ .

فى مجال تكنولوجيا الإنتاج : تضمن الكتاب عرضًا ملائمًا لأنظمة تكنولوجيا العمليات مثل : التصميم بمساندة الحاسبة (CAD) ، التصنيع بمساندة الحاسبة

(CAM) ، أنظمة الإنتاج المرنة (FMS) ، الإنسان الآلى (Robot) ، تخطيط التشغيل بمساندة الحاسبة (CAPP) ، الإنتاج المتكامل بالحاسبة (CIM) ، ومصنع المستقبل ... إلخ .

إن هذه التغطية الشاملة لإدارة العمليات أتمنى أن تكون عونًا للارتقاء بإدارة وإستراتيجية العمليات ومفاهيمها وتطبيقاتها ، سواء بالنسبة للطلبة أو للمديرين بما يحقق أهداف الإعداد العلمى المتخصص للطلبة فى هذا المجال الحيوى ، وأهداف مديرى العمليات لتحسين الفاعلية والكفاءة فى شركاتهم .

ولابد من كلمة اعتزاز وتقدير للإخوة المحكِّمين الذين كان لهم دور كبير فى إغناء هذا الكتاب ، سواء فى التعديلات أو التوضيحات أو التصويبات ، واقتراح فقرات جديدة لإظهار الكتاب بالحالة التى هو عليها الآن ، ولهم فى كل ما قدموه الشكر والتقدير ، ويبقى المؤلف هو المسؤول أولاً وأخيرًا عن كل ما هو وارد فى هذا الكتاب . ولا يسعنى فى هذه المقدمة إلا أن أعبر عن بالغ الامتنان لمعهد الإدارة العامة فى الرياض على رعايتهم لهذا الكتاب ومتابعة مراحله المتعاقبة بصبر وأناة . كما أود أن أعبر عن بالغ التقدير للمعهد المهنى العالى بـ(درنة) وإدارته التى قدمت كل ما يمكن تقديمه من أجل إنجاز هذا الكتاب ، ولكل من ساهم فى تقديم يد العون من أجل إنجاز هذا الكتاب بالشكل الذى ظهر به .

والله الموفق .

المؤلف

الفصل الأول : إدارة العمليات : المفهوم والإستراتيجية والتطور .

١-١ - المدخل .

١-٢ - مفهوم إدارة العمليات .

١-٣ - مداخل إدارة العمليات .

أولاً : مدخل الوظائف الإدارية .

ثانيًا : مدخل علم الإدارة .

ثالثًا : مدخل القرارات .

رابعًا : مدخل النظم .

خامسًا : مدخل دورة الحياة .

سادسًا : مدخل إستراتيجية العمليات .

١-٤ - إستراتيجية العمليات .

١-٥ - خصائص المنتج والخدمة .

١-٦ - مصفوف الخدمة .

١-٧ - سلسلة الخدمة - الربح .

١-٨ - التطور التاريخى لإدارة العمليات .

١-٩ - اتجاهات التطور فى إدارة العمليات .

١-١٠ - الإعداد لإدارة العمليات .

الأسئلة

المراجع



١-١ - المدخل :

يمثل الإنتاج قلب النشاط الاقتصادى الذى لاغنى عنه فى المجتمع ؛ لأنه بقدر ما يؤدى إلى جعل المواد والمنتجات معدة للاستعمال بطريقة ملائمة ، فإنه يمثل الأداة المهمة لإيجاد وتحويل وإضافة قيمة جديدة لهذه المواد والمنتجات . ولعل هذا يفسر القول بأن المجتمعات المعاصرة لا يمكن تقييمها بما تملك من ثروة ، وإنما بما تستطيع إنتاجه من هذه الثروة ؛ لأن الإنتاج هو الذى ينشئ ويجدد الثروة ، وهو أيضًا معيار القدرة على ما يمكن تحقيقه من تطور حقيقى فى عالمنا المعاصر الذى لازال الإنتاج يمثل فيه مجال التنافس الأكثر أهمية .

يمكن تعريف الإنتاج بأنه عملية تحويل المدخلات (المواد الأولية والعمل) من خلال العمليات التحويلية إلى مخرجات (منتجات سلعية وخدمات) . وهذا التعريف ينسجم مع مدخل النظم الذى يعتبر المصنع بمثابة نظام متكامل يتكون من أجزاء ومكونات متساندة ، تعمل بشكل متفاعل مع بعضها ومع البيئة الخارجية من أجل أهداف مشتركة . وعادة ما يتم تقييم عملية الإنتاج على أساس معيارين هما :

أولاً : الفاعلية وهى القدرة على تحقيق الأهداف الموضوعة ، وفى هذا المعيار يتم تقييم الإنتاج على المستوى الكلى (Macro-Level) للشركة ، أى مستوى تحقيق الإنتاج للسياسة وأهدافها التى حددتها الإدارة للإنتاج كما هو الحال فى هدف تحسين خدمة الزبون من خلال الالتزام الدقيق بمواعيد التسليم . ولكن بسبب الموارد المحدودة ؛ فإن الفاعلية وحدها قد لا تكفى ؛ لهذا فلابد لها من الاهتمام بمعيار آخر هو الكفاءة .

ثانيًا : الكفاءة وتشير إلى أن الموارد المطلوبة لإنجاز هدف ما أقل من النتائج المتحققة ، فهى إذن العلاقة بين المنافع والكلفة أو بين المخرجات والمدخلات ، أى :

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{المخرجات}}{\text{المدخلات}}$$

فإذا كانت النتيجة (> ١) فهذا يعنى كفاءة أفضل ، أما إذا كانت النتيجة (< ١) ؛ فهذا يشير إلى كفاءة متدنية ، وفى هذا المعيار يتم تقييم عملية الإنتاج على المستوى الجزئى ، فإذا كانت الفاعلية تقيم الصورة أو اللوحة كاملة ؛ فإن الكفاءة تدخل فى الصورة أو اللوحة لتقييم ما استخدم فيها مقابل ما تحقق منها . وثمة علاقة عضوية بين الفاعلية والكفاءة ، وفى حالات كثيرة يكون تحقيق الكفاءة مؤشراً دالاً على تحقيق الفاعلية ، إلا أنه فى حالات أخرى يمكن أن تتحقق الفاعلية بدون تحقيق الكفاءة ، أو أن تتحقق الكفاءة بدون تحقيق الفاعلية ، وقد يتم تحقيق التوازن فى تحقيق الفاعلية والكفاءة فى نفس الوقت وهذه هى الحالة الأفضل . ويوضح الشكل (١-١) العلاقة بين الفاعلية والكفاءة فى الحالات الثلاث .

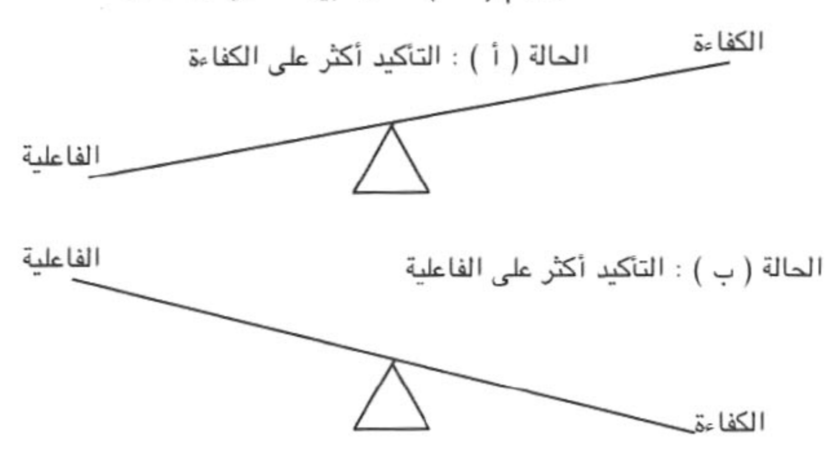
ولنأخذ مثلاً على ذلك . لنفرض أن الإدارة من أهدافها المهمة تسليم الطلبيات فى موعد التسليم المحدد ، فإذا كانت إحدى الطلبيات لأسباب إنتاجية (تعطل الآلة) أو تتعلق بالتوريد (تأخر توريد المواد) تواجه تأخيراً محتملاً فى موعد التسليم ؛ فمن الممكن أن تكون هناك ثلاثة بدائل هى :

أ - بديل التأخير : باستخدام نفس الموارد والقبول بالتأخر المحسوب عن موعد التسليم : حالة الفاعلية غير متحققة والكفاءة عالية عندما تظل المخرجات أكبر من المدخلات (التأكيد أكثر على الكفاءة) .

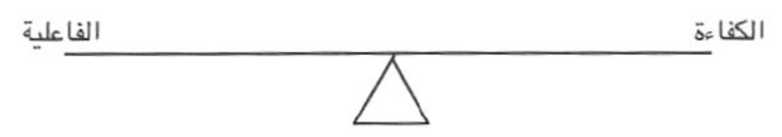
ب - بديل التعجيل : باستخدام موارد إضافية (مثل الوقت الإضافى) لتسليم الطلبية فى موعدها المحدد : حالة الفاعلية متحققة والكفاءة منخفضة (التأكيد أكثر على الفاعلية) .

ج - بديل الموازنة : هذا البديل يمكن أن يتحقق عندما تكون لدى الإدارة فرصة لتحسين الكفاءة وزيادتها باستخدام موارد بحدود لا تفقدها الكفاءة بالمقارنة مع المنافسين أو بالمقارنة بالمدخلات مع إنجاز الطلبية فى الموعد المحدد : حالة الفاعلية متحققة وكذلك الكفاءة عالية (التأكيد المتوازن على الفاعلية والكفاءة) .

الشكل رقم (١-١) العلاقة بين الفاعلية والكفاءة



الحالة (ج) التأكيد المتوازن على الفاعلية والكفاءة



هذه المعايير فى تقييم الإنتاج يمكن أن تستخدم فى عمليات الإنتاج المختلفة والتى يمكن تصنيفها وفق خصائص معينة وهى كالآتى :

أ ـ تصنيف عمليات الإنتاج حسب نوع القطاع إلى عمليات استخراجية كاستخراج خامات الحديد ، الفحم ، والنفط ، وعمليات تحويلية كما فى الصناعة الهندسية ، النسيجية ، والغذائية .. إلخ .

ب ـ تصنيف عمليات الإنتاج حسب طبيعة عملية الإنتاج إلى عمليات قائمة على التصنيع تقوم بتغيير شكل وتركيب المواد وتحويلها إلى منتجات نهائية ، وعمليات قائمة على التجميع كما فى المنتجات التى تتكون من أجزاء وتجميعات فرعية .

ج ـ تصنيف عمليات الإنتاج حسب غرض الإنتاج أو الصنع إلى عمليات الصنع من أجل الطلبية ، وتقوم على الإنتاج للوحدة المفردة أو بكميات صغيرة حسب الطلبية ، وتستخدم فى نمط الإنتاج على أساس المشروع ، والإنتاج حسب الطلب ، وعمليات الصنع من أجل الخزن ، وتقوم على الإنتاج بكميات كبيرة ، وتستخدم فى نمط الإنتاج الواسع والمستمر .

١-٢ - مفهوم إدارة العمليات :

كما أن التكنولوجيا ومهارات العمل وطرقه تتطور ؛ فإن المفاهيم تتطور أيضًا ، وهذا بالتأكيد يشمل مفهوم إدارة العمليات ، فكما يشير (آدم وإيبرت Adam & Ebert) فإن إدارة التصنيع أو الإدارة الصناعية استخدمت للفترة (١٧٠٠م حتى ١٩٣٠م) والتى قامت على تقسيم العمل ، وفيما بعد على دراسة العمل والتركيز على التكنولوجيا كأساس للصناعة . وخلال الفترة (١٩٣٠-١٩٥٠م) استخدم مصطلح إدارة الإنتاج والتى ركزت على إنتاج السلع والخدمات فى المجتمعات الصناعية ، وخلال هذه الفترة طبقت مبادئ الطريقة العلمية لتايلور (F.W.Taylor) ، واستخدمت الأساليب الإحصائية فى السيطرة ، الجودة والتوصل إلى النماذج والأساليب الكمية ، كما تطورت مدرسة العلاقات الإنسانية لتقدم رؤية إنسانية بدلاً من الرؤية الآلية - الهندسية للمصنع . ومع تطور الحاسبات واستمرار التحول من قطاع الصناعة كقطاع سائد إلى قطاع الخدمات ؛ بدأ التحول التدريجى فى عقدى الستينيات والتسعينيات إلى مصطلح إدارة العمليات الذى هو توسيع لإدارة الإنتاج ؛ ليشمل قطاع الخدمات ، وليغطى إنتاج السلع وتقديم الخدمات فى نفس الوقت .

وكما يشير (ديلمار D.Delmar) فإن الثورة الصناعية التى بدأت فى القرن الثامن عشر فى إنجلترا ، وانتشرت أواخر ذلك القرن فى الولايات المتحدة قد نقلت المجتمعات من مجتمعات زراعية إلى مجتمعات صناعية . ولاشك فى أن هذه الفترة كانت بحاجة إلى إدارة الإنتاج التى تنسجم مع هيمنة الصناعة . ولكن مع منتصف هذا القرن بدأ يتسع قطاع الخدمات ، ففى الولايات المتحدة التى أصبحت تمثل

اقتصاد خدمات ؛ فإن الخدمات تمثل أكثر من (٧٠٪) من الناتج المحلى الإجمالى (GNP) و (٨٠٪) من قوة العمل ، وهذا ما ينطبق على الدول الصناعية الأخرى ، ففى اليابان يضم قطاع الخدمات (٧٥٪) من قوة العمل ، وفى أوربا (٧٢٪) . وإزاء هذا التحول فلابد من الانتقال من مركز الثقل القائم على الإنتاج إلى مركز الثقل القائم على الخدمات ؛ مما استلزم التحول من إدارة الإنتاج إلى إدارة العمليات . ويوضح الشكل رقم (١-٢) هذا التحول . ولكن لابد من التأكيد على أن العمليات تستخدم بالمعنى الواسع لتشمل العمليات الإنتاجية الخدمية على حد سواء ؛ وذلك لأن قطاع الصناعة (وبالتالى الإنتاج) سيظل يمثل أهمية كبيرة ؛ حيث لا يمكن تصور المجتمع بدون قطاع يوفر السلع (المنتجات) ، هذا بالإضافة إلى أن الخدمات الصرفة شأنها شأن السلع الصرفة فى الشركات الحديثة - لا تمثل النسبة الأكبر ، وأن النسبة المهمة تتمثل فى مزيج السلعة - الخدمة كما سنوضح لاحقًا .

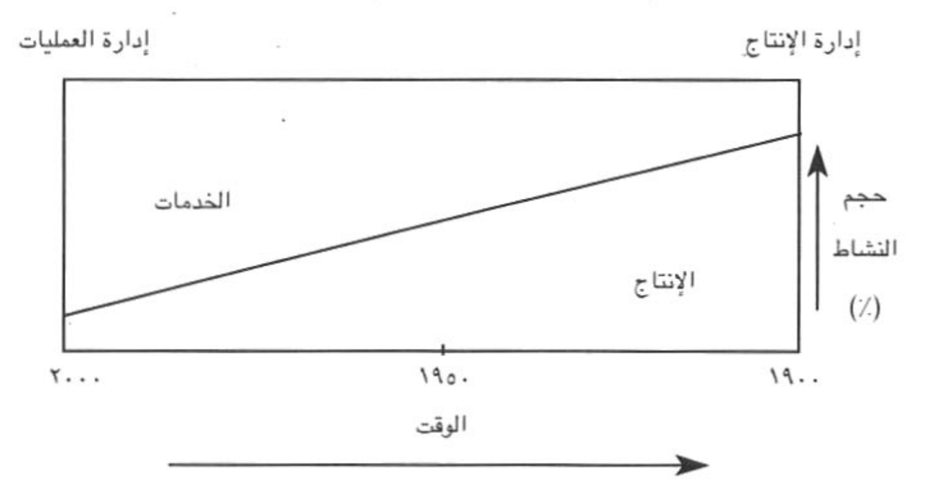
يمكن تعريف إدارة العمليات بأنها عملية التخطيط والتنظيم للعمليات (سواء كانت إنتاجية أم خدمية) ، والرقابة عليها لتحقيق أهداف الشركة . وهذا التعريف يمثل مدخل الوظائف ، كما يمكن تعريفها بأنها عملية صنع القرارات المتعلقة بتصميم نظام العمليات وتشغيلها لتحقيق أهداف الشركة ، وهذا يمثل مدخل القرارات . والتعريف الثالث الذى نقدمه يمثل مدخل النظم وهو : عملية التوجيه والسيطرة على نظام العمليات فى ظروف البيئة الداخلية والخارجية لتحقيق أهداف الشركة . وبدون التوسع فى هذا المجال نشير إلى أن كل تعريف من هذه التعريفات له عيوبه ومزاياه ، كما أنها ليست بالضرورة متعارضة ، وإنما يمكن أن تتكامل فى إطار مدخل تكاملى ينظر إلى إدارة العمليات على أنها مجموعة العمليات والوظائف المتعلقة بقرارات تصميم وتشغيل نظام العمليات (الإنتاجية أوالخدمية) فى ظروف البيئة الداخلية والخارجية لتحقيق أهداف الشركة ، وبهذا التعريف يمكن أن نلاحظ جانبين أساسيين هما :

أولاً : التكامل بين المداخل بحيث يعطى المرونة العالية لإدارة العمليات ؛ من أجل الاستفادة من مزايا هذه المداخل .

ثانيًا : أن إدارة العمليات ليست مجرد وظيفة تشغيلية وفق النظرة التقليدية التى تحصرها فى تشغيل نظام العمليات ، وإنما هى أيضًا وظيفة إستراتيجية تتعلق بتصميم نظام العمليات وتشغيله وفق منظور إستراتيجى .



الشكل رقم (١-٢) تطور إدارة الإنتاج إلى إدارة العمليات



١-٣- مداخل إدارة العمليات :

إن المدخل هو النظرة التى تحكم تعاملنا مع الموضوع وطريقة المعالجة التى تساعدنا على الفهم المنهجى لذلك الموضوع ، وإدارة العمليات لها مداخل متعددة سنعرض لها فيما يأتى :

أولاً : مدخل الوظائف الإدارية (Managerial Functions Approach) :

إن هذا المدخل رغم أنه من أقدم المداخل فى الإدارة بشكل عام إلا أنه لازال يحظى باهتمام لدى المختصين بإدارة العمليات ، ومنهم (كوك ورسل Cook and Russell) فى كتابهما "إدارة العمليات المعاصرة" و(ديلورث J.B.Dilworth) . وهذا المدخل

يقوم على تجميع قرارات وأنشطة إدارة العمليات فى فئات رئيسية تدعى وظائف المديرين ، وقد حدد (كوك ورسل) أربع وظائف لإدارة العمليات هى :

أ - التصميم (تصميم نظام الإنتاج) : يضم المنتج ، نمط التشغيل ، اختيار المعدات الرأسمالية ، وضع معايير العمل ، تطور مهارات العاملين ، الموقع والتنظيم الداخلى للمصنع .

ب - التشغيل (تشغيل نظام الإنتاج) : يشمل الشراء ، التنبؤ بالاحتياجات ، إعادة تصميم التشغيل ، النقل ، والصيانة .

ج - الجدولة : تشمل التخطيط الإجمالى ، جدولة مستويات قوة العمل ، إدارة المشروع ، توقيت طلبيات المخزون ، التعاقب ، جدولة مواقع العمل .

د - الرقابة : تضم الرقابة على الجودة ، الرقابة على المخزون ، السيطرة على عمليات الإنتاج ، الرقابة على الكلفة ، وتخصيص الموارد .

أما (ديلورث) فقد حدد هذه الوظائف بالتخطيط والتنظيم والرقابة مع وظائف أخرى هى : التوجيه ، التحفيز ، التنسيق ، تطوير العاملين . ولعل أهم ما يؤخذ على هذا المدخل هو : عدم الاتفاق على تحديد هذه الوظائف وعددها ، وأنه يهتم بالوظائف دون أن يحدد كيفية القيام بها ؛ مما يجعله مدخلاً شكليًا ، وأخيراً فإنه يعتبر مدخلاً تبسيطيًا يتلاءم مع ما كانت عليه البيئة فى الماضى عندما كانت تقليدية ـ ساكنة ، والشركات الصغيرة تعمل فى ظل تغيرات جزئية ومحدودة .

ثانيا : مدخل علم الإدارة (Management Science Approach) :

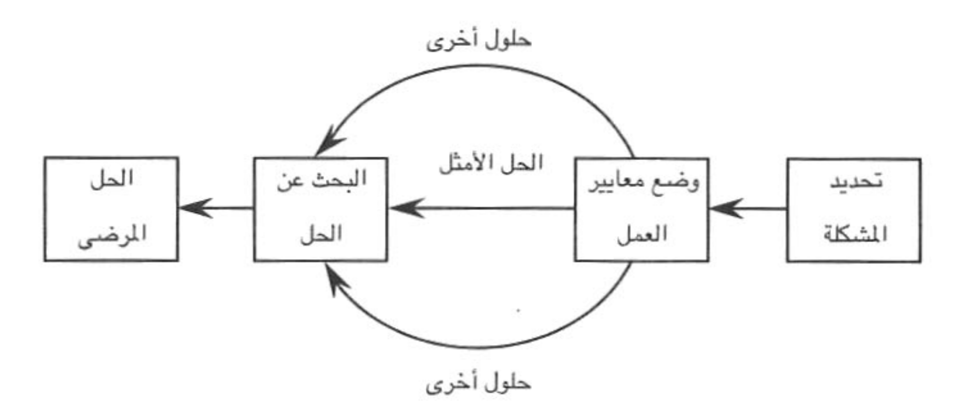
تطور هذا المدخل مع تطور بحوث العمليات أثناء الحرب العالمية الثانية ، واستخدام تكنولوجيا الحاسبات فى الخمسينيات وبعد تعقد وكبر حجم الأعمال . وقد مثل (بوفا E.S.Buffa) و(مارتن ستار M.K.Starr) هذا التوجه بالتأكيد على الأساليب الكمية وبحوث العمليات فى إدارة العمليات . وهذا المدخل يسعى إلى توظيف الأساليب الكمية والنماذج الرياضية التى تم التوصل إليها (كالبرمجة الخطية ، نظرية القرار ، نماذج المخزون ، شبكات الأعمال ، المحاكاة .. إلخ) فى معالجة مشكلات إدارة العمليات .

والأساس فى هذه الأساليب والنماذج هو أن القرار الرشيد لا يستند إلى التقدير الذاتى والخبرة الشخصية فى الشركات الحديثة ، وإنما باستخدام هذه الأساليب يتم التوصل إلى القرارات المثلى ، إلا أن هذا المدخل رغم أهميته لازال يواجه صعوبات كثيرة فى مقدمتها :

أ - طبيعة عملية التجريد التى تستند إليها صياغة النماذج الكمية ، فكما يقول (بوفا E.S.Buffa) فإن بناء النموذج للعمليات أو للنظام الواقعى يعتمد على تجريد عناصر النظام ، وهذا التجريد مفيد لتطوير الرؤية للمشكلة ، إلا أننا سرعان ما نصطدم بضخامة ما يتم تجاهله من عناصر الحالة الواقعية عند بناء النموذج ؛ مما يجعل النموذج فى الأخير يضفى السمة المثالية على النظام الواقعى .

ب - مما يرتبط بالنقطة السابقة صعوبة الحلول المثلى وأحياناً عدم واقعيتها ؛ فالرشد المطلق (Absolute Rationality) الذى تفترضه الأساليب الكمية فى علم الإدارة لا ينسجم فى حالات كثيرة مع طبيعة عمل البشر ؛ لهذا اقترح (هربرت سايمون H.Simon) نموذجه فى الحل المرضى بدلاً من الحل الأمثل كما مبين فى الشكل رقم (١-٣) . والذى اقترح فيه سايمون ما يسمى بالرشد المقيد لوصف القرارات فى الشركات .

الشكل رقم (١-٣) نموذج سايمون لصنع القرار



ج - إن علم الإدارة بوصفه علم النمذجة الرياضية فى حل مشكلات القرار ، أوجد اعتقاداً خاطئاً بأنه يمثل الدواء العام لكل الأمراض (Panacea) فى الإدارة ، وقد يكون مصدر هذا الاعتقاد التطبيق الناجح فى بعض المجالات إلا أن هذا لا يعنى النجاح فى كل المجالات . ويجرى الحديث فى الوقت الحاضر عن عامل لا يظهر فى هذه الأساليب والنماذج هو القوة الحدسية للمديرين مما يبقى الإدارة فى جانب منها على الأقل فناً ، كما أن اختيار الأسلوب الكمى الملائم لكل مشكلة يمثل أيضاً جانب الفن فى بحوث العمليات .

ثالثا : مدخل القرارات (Decisions Approach) :

إن هذا المدخل يتجه نحو التأكيد على أن القرار هو جوهر العملية الإدارية فى المجالات المختلفة ، ويمثل (شرويدر R.G.Schroeder) هذا المدخل ؛ حيث يعرف إدارة العمليات بأنها دراسة صنع القرار لوظيفة العمليات ، وهذا المدخل قد ساهم فى التأكيد على أهمية الأساليب التحليلية (الرياضية) فى صنع القرار ، إلا أنه لم يذهب إلى الحلول المثلى والرشد المطلق الذى ينسجم مع مفهوم الإنسان الاقتصادى ، وإنما إلى الحلول المرضية والرشد المقيد والذى ينسجم مع مفهوم الإنسان الإدارى ، وهذا ما مثله (هربرت سايمون H.Simon) أحد رواد هذا المدخل . كما أن المساهمة المهمة لهذا الاتجاه تتمثل فى تحديد الخطوات المنهجية لعملية صنع القرار وهى : تحديد المشكلة ، جمع البيانات ، تحديد البدائل لمعالجة المشكلة ، المفاضلة بين البدائل واتخاذ القرار ، وأخيراً التنفيذ والتقييم .

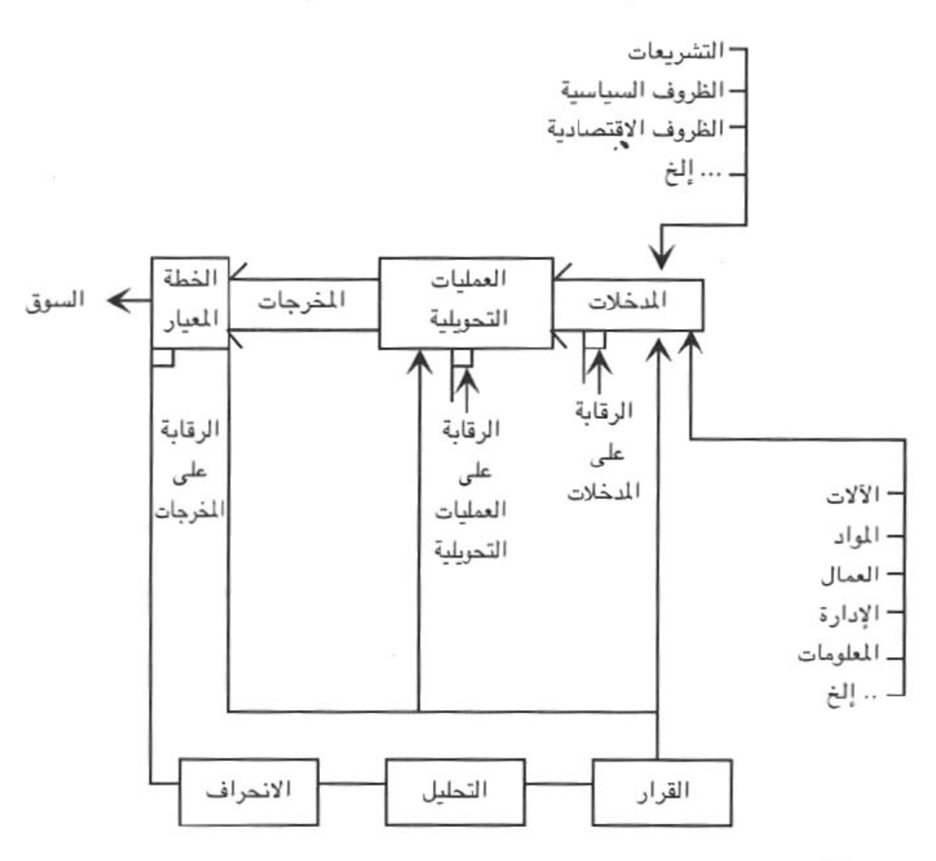
رابعا : مدخل النظم (Systems Approach) :

إن البدايات الأولى لنظرية النظم لم تكن فى ميدان الإدارة ، وإنما فى ميدان العلوم الطبيعية والبيولوجية على أيدى (بيرتا لانفى L.Von.Bertalanff) و(كينيث بولدنك K.Boulding) ، وفى الستينيات بدأت الأفكار الأولى لتطوير الرؤية النظمية لشركات الأعمال .

وفى مجالنا فإن مدخل النظم يركز على النظام الإنتاجى ، وإن (ريتشارد تيرسن R.J.Tersine) يعتبر مؤلفاً على أساس مدخل النظم ، محدداً خمسة مجالات لإدارة

العمليات وهى : قرارات السياسة ، قرارات المنتج ، قرارات التشغيل ، قرارات المصنع ، وقرارات العمليات . وهذا المدخل يفترض أن الإنتاج نظام يقوم بتحويل المدخلات عبر العمليات التحويلية إلى مخرجات ، ولازال هذا المدخل يتطور ومن مزاياه : تطوير الرؤية الكلية للنظام الإنتاجى ، العلاقات المتبادلة بين النظم الفرعية المكونة للنظام الإنتاجى ، العلاقة المفتوحة مع البيئة ، والمساهمة فى تقوية الاتجاه نحو التكامل . والشكل رقم (١-٤) يوضح الرؤية النظمية للنظام الإنتاجى .

الشكل رقم (١-٤) : الرؤية النظمية للنظام الإنتاجى



خامسا : مدخل دورة الحياة (Life Cycle Approach) :

لقد قدم (جاس وأكويلانو Chase and Aquilano) فى كتابهما " إدارة الإنتاج والعمليات " مدخلاً منطقيًا يقوم على دورة حياة نظام الإنتاج ومتابعة تقدم نظام الإنتاج من بدايته (ولادة النظام) وحتى نهايته (أى تصفية النظام) ؛ فالنظام يولد كفكرة ليمر عبر مراحل النمو والتغير المستمر للإيفاء بالمتطلبات الجديدة ، وعند عدم القدرة على الاستجابة ينتهى النظام .

ولقد حدد المؤلفان مجالات القرار الرئيسية فى مختلف مراحل النظام (دورة حياته) ؛ حيث فى كل مرحلة هناك أسئلة يجب الإجابة عليها ، وهذه المراحل هى :

١ ـ ولادة النظام : فى هذه المرحلة تطرح الأسئلة : ما هى أهداف الشركة ؟ ما هو المنتج الذى سيقدم ؟

٢ ـ تصميم المنتج : ما هو شكل ومظهر المنتج ؟ كيف يتم صنعه تكنولوجياً ؟

٣ ـ تصميم النظام : أين يجب أن يكون موقع التسهيل ؟ ما هو التنظيم الداخلى الأفضل لاستخدامه ؟ كيف تتم المحافظة على الجودة المرغوبة ؟ كيف يحدد الطلب على المنتج أو الخدمة ؟

٤ ـ إدارة النظام : ما هو عمل كل عامل لينجزه ؟ كيف ينجز العمل ويقاس ؟ كيف يتم تعويض العاملين ؟

٥ ـ بدء النظام : كيف يصل النظام إلى التشغيل ؟ كم يتطلب من الوقت للوصول إلى المعدل المرغوب من المخرجات ؟

٦ ـ النظام فى حالة الاستقرار : كيف يدار النظام ؟ كيف يتم تحسين النظام ؟ كيفية التعامل مع المشكلات اليومية ؟

٧ ـ تعديل وتنقيح النظام : كيف يتم تعديل النظام فى ضوء التغيرات الداخلية ؟

٨ ـ انتهاء النظام : كيف يموت (يصفى) النظام ؟ كيف يمكن إنقاذ الموارد ؟

سادسا : مدخل إستراتيجية العمليات (Operations Strategy Approach) :

لقد تطور هذا المدخل المهم والأكثر استجابة للتغيرات المعاصرة فى السوق والبيئة الصناعية القائمة على المنافسة ، مع الدراسات المهمة التى نشرها (سكنر W.Skinner) عام ١٩٦٩م" التصنيع : الحلقة المفقودة فى الإستراتيجية الكلية " وعام ١٩٧٤م " المصنع البؤرى" وكذلك دراسات (هيز وولرايت Hayes and Wheelwright) و(بورتر M.E.Porter) وغيرهم .

لقد كانت وظيفة العمليات فى السابق تعامل ضمن الإدارة التشغيلية ، وتتبع إستراتيجية التسويق أو الإستراتيجية المالية دون إعطائها الاستقلالية والصياغة على مستوى الإستراتيجية الوظيفية ؛ لهذا فإن (سكنر) كان يرى أننا نتحرك نحو عصر التكنولوجيا المتقدمة وحياة المنتج الأقصر ؛ مما يستلزم إعادة النظر فى مفاهيمنا حول الإنتاج والعمليات ، وهذا يتطلب تجاوز بعض المعايير كالإنتاجية واقتصاديات الحجم والوصول إلى إستراتيجية التصنيع (العمليات) . وهذه الإستراتيجية سنناقشها فى الفقرة التالية .

١-٤ - إستراتيجية العمليات :

إن الإستراتيجية (Strategy) مفهوم قديم ؛ حيث يؤرخ استخدامها فى سنة (٤٠٠) قبل الميلاد ، وهى مشتقة من الكلمة اللاتينية (Strategos) ، وقد استخدمت لأول مرة فى المجال العسكرى لتعنى مجمل العمليات العسكرية لتحقيق الأهداف العليا (النصر أو هزيمة العدو فى الحرب) تمييزًا عن التكتيك (كسب المعركة أو الاشتباك) . والمستوى الأول من مسؤولية القيادة العليا والثانى من مسؤولية القيادة الميدانية (الدنيا) ، وعليه فإن الإستراتيجية هى فن العام تمييزًا عن الخاص والجزئية والتفصيلى فى الإدارة التشغيلية ، ولأن العام والشامل أكثر ثباتًا واستقرارًا ؛ فإن الإستراتيجية هى فن العام فى المدى الطويل ؛ لتظل الإدارة التشغيلية هى إدارة الجزئى التفصيلى والأدنى الأكثر تغيرًا فى المدى القصير .

قبل عدة عقود من الزمن لم تكن وظيفة العمليات تحظى بالاهتمام على المستوى الإستراتيجى ؛ حيث كانت تعالج ضمن المستوى التشغيلى وفى إطار الخطط التشغيلية ؛ وذلك لأن العمليات تخضع للتغيرات اليومية من حيث : المواد والقوى العاملة والمخزون والجدولة وغيرها . وهذه العوامل أو المتغيرات المتأرجحة (Swing Factors) كما يسميها المديرون الأمريكيون ، عند رفعها إلى المستوى الإستراتيجى ستفقد الإدارة المرونة والقدرة على الاستجابة للتذبذبات قصيرة الأمد فى السوق . كما أن الاهتمام الكبير فى الشركات كان ينصب على وظيفتى التسويق والمالية ، وأكثر الأحيان على حساب وظيفة العمليات التى لم يكن ينظر إليها كمشارك متساوٍ وفعّال لإستراتيجية التسويق والإستراتيجية المالية (كإستراتيجيات وظيفية) فى خلق الميزة التنافسية ؛ لهذا كان أفضل دور تقوم به وظيفة العمليات وفق النظرة التقليدية هو الدور التنفيذى المساعد لتحقيق الإستراتيجية التسويق .

وإزاء هذه المفاهيم التقليدية كانت المساهمة الكبيرة لرواد إستراتيجية العمليات (سكنر W.Skinner) ، (ولرايت S.C.Wheelwright) ، (هيــــز R.H.Hayes) ، (بورتر M.E.Porter) ، و(هس E.A.Haas) ، وغــيــرهـم فى تسليط الضــوء على إستراتيجية العمليات . إضافة إلى دور التجربة اليابانية فى توجيه الاهتمام نحو إستراتيجية العمليات بعد أن استطاعت أن تحقق الاستخدام الأكثر كفاءة لهذه الإستراتيجية فى إنشاء واستمرار الميزة التنافسية فى الأسواق العالمية (انظر الملحق -١ لهذا الفصل) .

واعتماداً على التطور الذى ساهم فى تحقيقه رواد إستراتيجية العمليات من جهة وبروز الدور الكبير لهذه الإستراتيجية فى النجاح المتميز للتجربة اليابانية من جهة أخرى ؛ فإن الأدبيات الحديثة لإدارة العمليات أصبحت تغطى فى محتوياتها موضوع "إستراتيجية العمليات " وقد عرفها (شرويدر R.G.Schroeder) بأنها رؤية لوظيفة العمليات تحدد الاتجاه الكلى وقوة الدفع الأساسية لصانع القرار ، وهذه الرؤية يجب أن تتكامل مع إستراتيجية الأعمال ؛ لتنتج نمطاً متّسقاً فى صنع القرار فى العمليات والميزة التنافسية للشركة . أما (ولرايت S.C.Wheelwright) فقد عرّف إستراتيجية

العمليات (التصنيع) بأنها " الوسائل التى من خلالها تستخدم قدرات وظيفة العمليات لتطوير وتدعيم الميزة التنافسية المرغوبة لوحدة الأعمال وتكاملها مع جهود الوظائف الأخرى " ، وفى ضوء ما تقدم فإن دراسة إستراتيجية العمليات لابد أن تنصب على الجوانب الأساسية الآتية :

أولاً : الأهمية المتزايدة التى تعطى لإستراتيجية العمليات كشريك متساوٍ و فعّال للإستراتيجيات الوظيفية الأخرى فى إطار إستراتيجية وحدة الأعمال . فمن المعروف أن التمييز بين مستويات الإستراتيجية أصبح مهماً لأغراض التحليل وتقسيم العمل ، حيث تصنف الإستراتيجيات وفق هذه المستويات إلى :

أ ـ الإستراتيجية الكلية : تتعلق بالفلسفة والسياسة العامة على مستوى الشركة ، كما تتعلق بمجال الاستثمار ونوع الأعمال والأسواق .. إلخ .

ب ـ إستراتيجية الأعمال : تمثل المستوى الأدنى اللاحق للإستراتيجية الكلية الذى ترتكز عليه الشركة فى تحقيق هذه الأعمال ؛ لضمان الميزة التنافسية داخل مجال نشاطها من خلال التنسيق والتكامل بين الإستراتيجيات الوظيفية .

ج ـ الإستراتيجية الوظيفية : المستوى الأدنى اللاحق الذى يتصل بوظائف الشركة الرئيسية : التسويق ، المالية ، الموارد البشرية ، البحث والتطوير ، والعمليات ، وعند هذا المستوى يظهر الثقل الأساسى والقوة الدافعة لإستراتيجية الأعمال وأبعاد الميزة التنافسية التى ترتكز عليها .

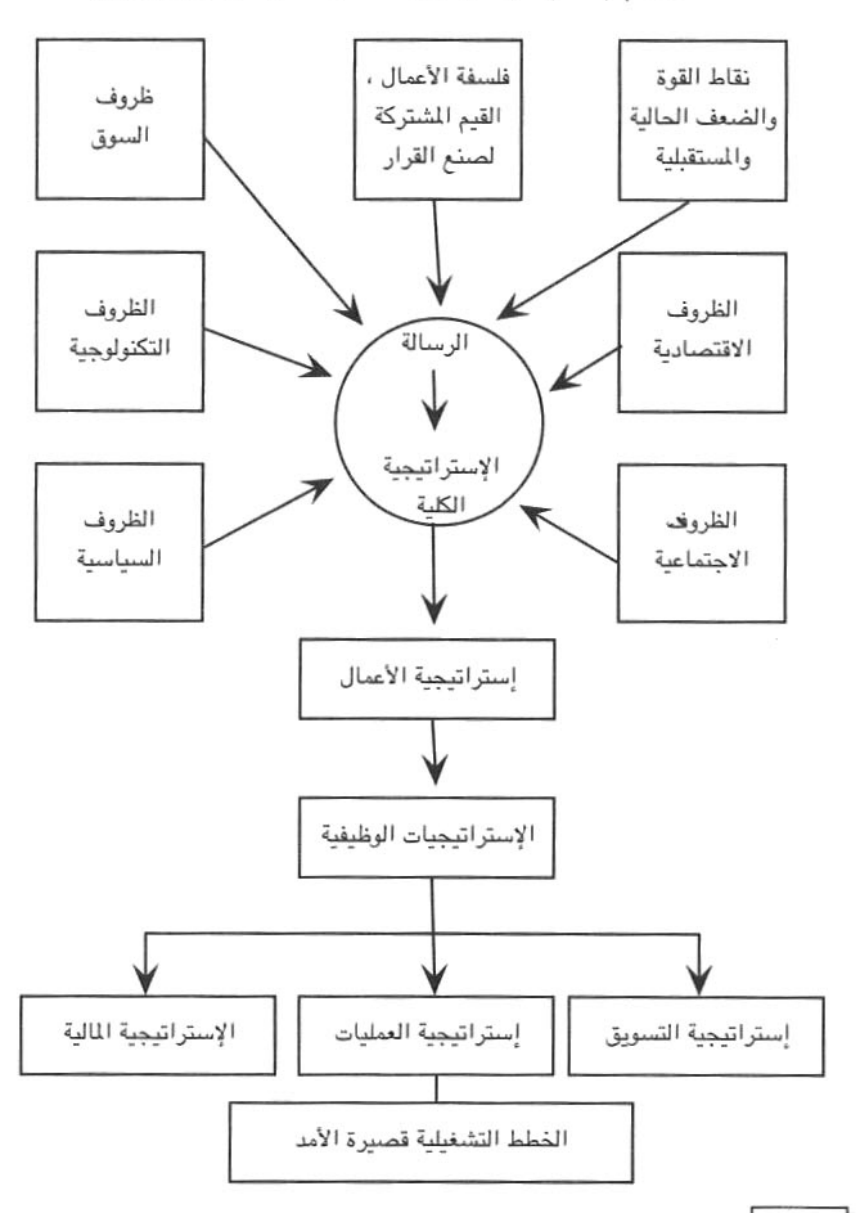
والشكل رقم (١-٥) يوضح هذا الجانب فى إستراتيجية العمليات التى تظهر كإستراتيجية وظيفية .

ثانيًا : التأكيد على النظرة العملية إلى إستراتيجية العمليات القائمة على التمييز بين القرارات الإستراتيجية والقرارات التشغيلية ؛ حيث إن القرارات الإستراتيجية هى القرارات التى لها تأثير طويل الأمد على الاتجاه العام والخصائص الأساسية للشركة وتجسد رسالتها ، وهى تتعلق بتصميم نظام العمليات (أو الإنتاج) ، وهذه تغطى ستة مجالات من وجهة نظر (بوفا E.S.Buffa) ، هى : اختيار وتصميم المنتج ، اختيار

المعدات ، تصميم إنتاج الوحدات ، تصميم العمل ، الموقع ، والتنظيم الداخلى للتسهيل . أما القرارات التشغيلية فهى القرارات ذات التأثير قصير الأمد ، وتتعلق بالمشكلات اليومية الخاصة بتشغيل نظام العمليات (الإنتاج) وتشمل المجالات الآتية : الرقابة على الإنتاج والمخزون ، صيانة النظام ومعوليته (فهم الطبيعة العشوائية للعطلات) ، الرقابة على الجودة ، الرقابة على العمل ، الرقابة على الكلفة والتحسنيات .

رغم أهمية هذا التمييز بين القرارات الإستراتيجية التشغيلية إلا أن الفصل بينهما لم يعد يحظى بالاهتمام والتأييد . وفى هذا السياق تأتى مساهمة (ولرايت S.C.Wheelwright) فى نقد الرؤية التقليدية فى الشركات الأمريكية التى تقلص قرارات العمليات التى تعتبر إستراتيجية بشكل كبير بالمقارنة مع المدخل اليابانى الذى يوسع قرارات العمليات بشكل كبير ؛ لتغطى جميع المجالات مع جعل القرارات التشغيلية تمثل التنفيذ للتكتيكات التشغيلية المساندة ، كما سنوضح ذلك بشكل أكثر تفصيلاً فى ملحق (١) لهذا الفصل .

الشكل رقم (١-٥) : إستراتيجية العمليات كإستراتيجية وظيفية



كما أن (شرويدر R.G.Schroeder) يحدد خمسة مجالات للقرار فى وظيفة العمليات ، هى : التشغيل ، السعة ، المخزون ، قوة العمل ، والجودة ؛ ليميز فى كل مجال من هذه المجالات الخمسة ما يرتبط بها من قرارات التصميم (الإستراتيجية) وقرارات الاستغلال (التشغيلية) ، والجدول رقم (١-٦) يوضح ذلك . وبهذه الطريقة يحاول (شرويدر) أن يميز القرارات الإستراتيجية عن القرارات التشغيلية لا كمجالات - كما فعل بوفا - وإنما كطريقة لمعالجة نفس المجالات ، وهذا ما ينسجم مع المدخل اليابانى فى إستراتيجية العمليات .

الجدول رقم (١-٦) : القرارات الإستراتيجية التشغيلية

المجالات	قرارات التصميم (الإستراتيجية)	قرارات الاستغلال (التشغيلية)
١ - التشغيل	- اختيار نمط التشغيل	- تحليل تدفقات التشغيل
	- اختيار المعدات	- توفير الصيانة للمعدات
	- تحديد حجم التسهيل	- تحديد الوقت الإضافى
	- تحديد موقع التسهيل	- ترتيب التعاقد الثانوى
	- وضع مستويات قوة العمل	- تحديد الجدولة
٢ - المخزون	- تحديد الحجم الكلى للمخزون	- متى توضع الطلبية ؟
	- تصميم نظام السيطرة على المخزون	- كم يطلب ؟
	- تقرير أين يحفظ المخزون	
٣ - تصميم الأعمال	- تصميم الأعمال	- توفير الإشراف
	- اختيار نظام التعويض	- وضع معايير العمل
	- تصميم قواعد العمل	- القرار حول مقدار الفحص
	- وضع المعايير القياسية للجودة	
٤ -الجودة	- القرار حول تنظيم الجودة	- الرقابة على الجودة للإيفاء بالمواصفات القياسية

ثالثًا : الخصائص الجديدة لإستراتيجية العمليات بوصفها القوة الدافعة الرئيسية في إيجاد واستمرار الميزة التنافسية والدور المتعاظم للإستراتيجية التنافسية الشاملة التي كان لـ(ميشيل بورتر M.E.Porter) مساهمة مهمة في تحديدها في ثلاث إستراتيجيات هي : إستراتيجية قيادة الكلفة ، إستراتيجية التميز ، وإستراتيجية التركيز .

إن الميزة التنافسية تعني قدرة الشركة على تحقيق التفوق في المنافسة ، وإن إستراتيجية العمليات تقوم على أن وظيفة العمليات هي التي توجد وتحقق الميزة التنافسية ، وأن التركيز على هذا التوجه رغم بداياته المبكرة فإن بدايته الحقيقية كان في الثمانينيات ؛ لأن المنافسة لم تكن قبل ذلك بعقد أو عقدين مثلما هي عليه في الثمانينيات بعد دخول لاعبين دوليين عديديين يتمتعون بمزايا ويعملون وفق رؤية إستراتيجية في مجال العمليات وكان اليابانيون في مقدمة هؤلاء . ومن أجل تحقيق الميزة التنافسية : فإن الشركة يجب أن تختار من بين أبعاد عديدة وتركز جهودها على أحد هذه الأبعاد . وهذه الأبعاد والتي يسميها (ولرايت S.C.Wheelwright) بأسبقيات الأداء هي كما تظهر في الجدول رقم (١-٧) .

الجدول رقم (١-٧) : أبعاد الميزة التنافسية

١ ـ الكلفة الأدنى / السعر الأدنى .
٢ ـ الأداء العالي للمنتجات والخدمات (الجودة العالية) .
ـ خصائص المنتج ، التفاوتات ، والنقاء .
ـ خدمة الزبون .
٣ ـ الاعتمادية
ـ المنتج .
ـ التسليم .
ـ الخدمة الميدانية / التصليح .
٤ ـ المرونة
ـ خط المنتج الواسع .
ـ المنتجات الموجهة للزبون .
ـ الاستجابة السريعة / أوقات التسليم .
٥ ـ الابتكار
ـ المنتجات الجديدة .
ـ التكنولوجيا الأحدث .

إن السبب الرئيسى لتحديد الميزة التنافسية فى الشركة يعود إلى أن أبعاد الأداء أو أبعاد الميزة التنافسية المذكورة فى الجدول رقم (١-٧) - لا يمكن تحقيق التفوق فيها كلها مرة واحدة ، وبالتالى يجب القيام بالمبادلات بين ميزة أداء واحدة (مثل الكلفة) وأخرى (مثل المرونة) . ولابد من ملاحظة أن الاتجاهات الحديثة تتجه إلى أن نجاح الأعمال (وضمنها وظيفة العمليات) يكون بربط الميزة التنافسية بالسوق ، أى لا تكون الميزة التنافسية فقط ميزة فى التفوق على المنافس ، وإنما أيضاً تفوق ذو قيمة واضحة للزبون وتفوق فى تقديم خدمة أفضل له . ويتزايد التأكيد على أن التفوق فى كل أبعاد الأداء نادر إن لم تكن غير ممكن التحقيق ، وبالتالى فمن غير الممكن تقديم منتجات عالية الجودة (ميزة الجودة) وبكلفة أدنى وسعر أدنى ، ويمكن توضيح ذلك بالقول : إن الجودة العالية تعنى مثلاً خدمة أفضل للزبون حسب حاجاته ، ولتحقيق ذلك فلابد من إدخال تعديلات مستمرة على المنتج والإنتاج بكميات صغيرة ، وعند القيام بذلك فإن هذا سيفقد الشركة فرصة الاستفادة من اقتصاديات الحجم لتحقيق ميزة الكلفة الأدنى ، وهذا ما ينطبق على الأبعاد الأخرى ؛ مما يتطلب القيام بالاختيار والمبادلة (Tradeoff) لأحد هذه الأبعاد وتركيز جهود الشركة لتحقيق التفوق والميزة التنافسية بالاعتماد عليه . ولكن ما هى خصائص الميزة التنافسية ، وكيف يمكن أن تعمل على الصعيد الإستراتيجى ؟ وللإجابة يمكن أن نشير إلى أن الميزة التنافسية لها خصائص أساسية يمكن أن تستخدم من قبل الشركة لتقييم ميزتها التنافسية ، وهذه الخصائص هى :

١ ـ أن الميزة التنافسية من الناحية الخارجية تشتق من رغبات وحاجات الزبون .

٢ ـ أنها تقدم المساهمة الأهم فى نجاح الأعمال .

٣ ـ أنها تقدم الملاءمة الفريدة بين موارد الشركة والفرص فى البيئة .

٤ ـ أنها طويلة الأمد وصعبة التقليد من المنافسين .

٥ ـ أنها تقدم قاعدة للتحسينات اللاحقة .

٦ ـ أنها تقدم التوجيه والتحفيز لكل الشركة .

إن تزايد المنافسة وعدد المنافسين الدوليين قد أكسب إستراتيجية العمليات أهمية متزايدة تجلت فى الاهتمام بخصائص جديدة ، لابد من مراعاتها فى هذا المجال ، وهذه الخصائص هى :

أولاً : إدارة الجودة الشاملة (Total Quality Management) : لقد ظلت الجودة لفترة طويلة بعيدة عن الاهتمام ، فى حين كانت الكلفة هى مركز الاهتمام ، وهى البعد الأكثر تمثيلاً للكفاءة فى مرحلة يمكن تسميتها بمرحلة الكم ؛ حيث كانت السلع مطلوبة بأية شروط فى ظل ما يسمى بالمدخل الإنتاجى الذى يركز على النظام الإنتاجى ومتطلباته أكثر من الاهتمام بالزبون وحاجاته . وفى هذه المرحلة كانت السوق توسم بأنها سوق المنتج . إلا أن الجودة أخذت تحظى بالاهتمام شيئًا فشيئًا لتصبح فى عقد السبعينيات أحد الاهتمامات الأساسية تحت تأثير التجربة اليابانية ، ولتكون فى عقدىَ الثمانينيات والتسعينيات تمثل قلب الاهتمامات ؛ فقد تزايد التأكيد على ما سُمِّىَ فى الولايات المتحدة بثورة الجودة (Quality Revolution) مع بدء قناة التلفزيون (NBC) فى عام ١٩٨٠م فى عرض برنامجها الذى حمل عنوان : (If Japan can .. Why we can't) الذى أبرز رسالة خبير الجودة الأمريكى (ديمنج W.E.Deming) الذى ساهم فى نقل مفاهيم وأساليب الجودة إلى اليابانيين بعد الحرب العالمية الثانية ؛ لتصبح الجودة منذئذ هاجس الإدارة العليا والعنوان البارز لسياسات الشركات المتنافسة . إضافة إلى وضع مسألة الجودة على المستوى الوطنى ، وفى هذا السياق نشير إلى أن الحكومة الأمريكية وضعت عام ١٩٨٧م جائزة للجودة ، هى " جائزة مالكولم بالدريج الوطنية للجودة " التى تمنح للشركات التى تحقق أفضل الإنجازات فى الجودة ؛ مما يؤكد الجهود الوطنية فى تطوير الجودة . وقبل ذلك وضعت اليابان جائزة ديمنج (Deming's Award) التى تمنح للإنجازات المهمة فى هذا المجال ، واليوم فإن الجودة تمثل الأسبقية الأولى فى الشركات الحديثة . ولقد تجسَّد الاهتمام الكبير بالجودة من قبل الشركات فى الاتجاه المتنامى فى تبنى الشركات لإدارة الجودة الشاملة (TQM) .

ولكى نفهم إدارة الجودة الشاملة نشير إلى أن (فيجنبوم A. Feigenbaum) فى عام ١٩٥١م حيث أصدر كتابه (رقابة الجودة الشاملة) (TQC) ، والذى كان يحمل

إشارات واضحة عن الحاجة إلى المشاركة الشاملة فى الرقابة على الجودة كمدخل تفصيلى متكامل لجميع المراحل التى تؤثر على الجودة ، دون حصر ذلك فى قسم واحد هو قسم الرقابة على الجودة . ومع ذلك ظلت الشركات بعيدة عن الاهتمام الشامل بالجودة ، حتى ظهور الاهتمام المتزايد بالزبون ؛ ليتم الانتقال بشكل كبير نحو المدخل التسويقى ، ومن ثَمَّ إلى ما يسُمَّى بمدخل الزبون . وكان تأثير التجربة اليابانية واضحاً فى ذلك . وفى هذا يقول (جوزف جوران J. M. Juran) عندما اكتشف الأمريكيون الجودة اليابانية أخذوا يسافرون إلى اليابان ، ووجدوا أن اليابانيين تبنوا مفاهيم الجودة الجديدة التى تركز على الزبون بدلاً من مطابقة المواصفات . ومع هذه التطورات أخذت تبرز الجودة كبعد إستراتيجى من أبعاد الميزة التنافسية ، وليتطور اتجاه شمولى نحو إدارة الجودة الشاملة . ويمكن تعريف إدارة الجودة الشاملة (TQM) بأنها مدخل للإدارة المتكاملة ؛ من أجل التحسين المستمر والطويل الأمد للجودة فى جميع المراحل والمستويات والوظائف فى الشركة بما يحقق رضاً الزبون . ولاستكمال هذا التعريف ؛ نشير إلى العناصر الأساسية لإدارة الجودة الشاملة وهى كالآتى :

١- الرؤية الإستراتيجية للجودة : حيث إن الجودة لم تعد بعداً من أبعاد عملية الإنتاج فى المستويات الدنيا ، وإنما هى بعد من أبعاد التفكير الإستراتيجى الذى يساهم فى إيجاد الميزة التنافسية طويلة الأمد .

٢- مشاركة الجميع فى إدارة الجودة الشاملة : فالجودة مسؤولية الجميع وليس مسؤولية البعض فقط ، حتى لو كان هذا البعض هو قسم الرقابة على الجودة . وهذا يعنى أن إدارة الجودة الشاملة لابد أن تساهم فى إعداد وتطوير جميع العاملين ؛ من أجل قيامهم بمسؤولياتهم حيال الجودة .

٣- قياس الجودة يرتبط بالشروط الفعلية للسوق والحاجات المحددة للزبون ؛ فمواصفات المنتج مهما كانت عالية لا تعنى شيئًا ما لم تكن عالية كفئة بالمقارنة مع المنافسين ، وفعّالة فى ضوء الحاجات الحقيقية للزبائن . وهذا ما يجعل المعلومات عنصراً أساسيًا فى تحقيق الجودة . ولعل هذا ما يفسر أن جائزة (مالكوم بالدريج Malcolm Baldrige) الأمريكية للجودة وضعت المعلومات والتحليل واحداً من المعايير السبعة فى تقييم الجودة فى الشركات الأمريكية المتنافسة على

الجائزة . كما أن (هورلى و لاياتانماكى Hurley and Laitanmaki) أكدا أن معايير جائزة مالكلوم بالدريج تهتم بمقدار(٦١ ٪) بقدرة الشركة على جمع وتحليل المعلومات عن الزبون والعاملين والعمليات .

٤- مدخل الزبون : إن الزبون أصبح مركز الاهتمام الذى تتمحور حوله الأبعاد والوظائف المختلفة ؛ فهو بحق الذى يدفع النفقات وينشئ الربح فى الشركة عند رضاه ، وهو الذى يعرض الشركة للخسارة عند عدم رضاه فى أغلب الأحيان ؛ فالتصميم القائم على الزبون ، والإنتاج الموجه نحو حاجات الزبون الحالية والمستقبلية ، والاستجابة القائمة على الزبون فى السرعة والتوقيت والمكان والخدمة المقترنة بذلك ، وغيرها الكثير – تمثل مفاهيم تتردد بشكل متزايد عند الحديث عن إدارة الجودة الشاملة .

٥- التحسين المستمر : إن إدارة الجودة الشاملة لا تضع حدوداً للتحسين المستمر للجودة ، وإنما الجودة هى الشىء الوحيد الذى مهما تمت زيادته فيطلب منه المزيد من قبل الشركة والزبون .

ثانيًا : العولمة (Globalization) : تشير إلى النطاق الدولى للأعمال ؛ حيث أصبح العالم كله موقعًا محتملاً للشركات القائمة أو الجديدة وفروعها . ويمكن أن نلاحظ هذه السمة فى أن سيارات (Mazda Miata) تُصمم فى كاليفورنيا ، وتُموّل فى طوكيو ونيويورك ، وتُختبر فى بريطانيا ، وتُجمّع فى ميشيغان والمكسيك ، وتستخدم أجزاء مصممة فى نيوجرسى وتنتج فى اليابان . هذا هو نمط الأعمال فى عقد التسعينيات ؛ حيث العولمة تعنى مبيعات أكثر واستيرادات أكثر من دول أخرى ؛ لهذا تدعى أيضًا مبيعات واستيرادات الخارج . وفى هذا السياق يقول (روبرت ميرسير R.E.Mercer) رئيس شركة إطارات ومطاط كوديير : لكى تتنافس بكفاءة فى الصناعة اليوم يجب أن تكون لاعبًا عالميًا .

هناك ثلاثة عوامل أساسية أدت إلى العولمة حددها (كراجيوسكى وريتزمان Krajewski and Ritzman) وهذه العوامل هى :

أ ـ أن الأسواق المالية فى العالم أصبحت أكثر انفتاحًا فى عقد الثمانينيات ؛ مما جعل من السهل انتقال رأس المال الأرخص عبر الحدود الوطنية .

ب - تحسن النقل وتكنولوجيا الاتصالات ؛ حيث أدى ذلك إلى تخطى الحواجز فى الزمان والمكان بين الدول . والواقع أن عولمة المعلومات أصبحت سمة أساسية لأنشطة الشركات الكبرى ، فمثلاً شركة إكسبريس الأمريكية تمنح (٢٥٠) ألف ترخيص لصفقات ائتمانية يوميًا حول العالم ، أى بمعدل صفقة واحدة كل خمس ثوانٍ ، والسيطرة على ذلك لم تكن ممكنة بدون تكنولوجيا الاتصالات التى حولت العالم إلى قرية صغيرة .

ج - اختراق الاستيراد فى الاقتصاديات الرئيسية : رغم أن إجراءات الحماية أخذة فى التناقص والضعف ، وهذا ما يظهر فى تزايد استيراد السلع والخدمات ؛ فإن الاختراق يكون أسهل إذا كانت الشركات تبيع منتجاتها حيثما تنتجها . وهذا ما نجده فى مجال الخدمات ، فشركة ماكدونالد (McDonald) الأمريكية قامت بفتح (٢٢٠) مطعمًا فى الخارج فى سنة واحدة .

ومما يرتبط بالعولمة ما يدعى بالتصنيع عالمى المستوى ، والذى يشير إلى أن المنافسة أصبحت عالمية ، وأن السوق عالمية والميزة التنافسية يجب أن تكون ذات سمة عالمية لكى تكون كذلك . وبالتالى فإن التصنيع عالمى المستوى يشير إلى سمة تلك الشركات التى تحقق درجة عالية من التفوق فى المنتجات ، العمليات ، وأنظمة دعم الأعمال . وبلغة إستراتيجية العمليات فإن التصنيع عالمى المستوى يتميز بالآتى :

- التركيز على التفاعل ومدخل الفريق لتطوير المنتج الجديد .
- إستراتيجية السعة تلائم وتقود الطلب الذى يشتق من قدرات الشركة .
- التسهيلات (المصانع) البؤرية مع تطوير التصميم لملاءمة البيئات المختلفة .
- تكنولوجيات التشغيل التى تزيد قدرة التصنيع والتطوير داخليًا .
- التركيز على تطوير كفاءة الموارد البشرية بهدف حل المشكلات .
- القرارات التشغيلية المترابطة والموجهة نحو تقليص عدم التأكد .

- تكامل الموردين الذين لديهم قدرات حرجة لدعم أهداف الشركة و تحمل المسؤولية كاملة كشركاء .
- التركيز على الجودة من خلال الوقاية من التلف والتحسين المستمر .

ثالثًا : المنافسة القائمة على الوقت (Time- Based Competition) : حيث إن المرونة والاستجابة السريعة للتغيرات فى السوق ولحاجات ورغبات الزبون توفران فرصة أكبر لكسب الزبون وخسارة المنافسين له ؛ فقد أصبحت الاستجابة هى عامل النجاح الأساسى لزيادة الحصة فى السوق . إن سرعة الاستجابة فى الإنتاج (أو فى تقديم الخدمة المطلوبة) وسرعة التسويق ليس فقط لزيادة المبيعات ، بل وأيضًا لزيادة الأرباح من خلال الكلفة الأدنى والجودة الأعلى – تمثل مزايا أساسية فى التركيز على الوقت . وأن مثل هذا التركيز يطرح مجموعة أسئلة يمكن الاسترشاد بأجوبتها لتقييم منافسة الشركة وهى :

- هل نحن نطور منتجاتنا أسرع من منافسينا ؟
- هل نحن نطلب المواد ويتم توريدنا بالسرعة الكافية ؟
- كم من الوقت ينفق على منتوجنا فى المصنع ؟
- هل نحصل على طلبيات الزبون أسرع من منافسينا ؟
- هل نستجيب للتغيرات فى حاجات الزبون بسرعة كافية ؟
- هل نستجيب لشكاوى الزبون بسرعة كافية ؟

رابعًا : المنافسة القائمة على الخدمة (Service-Driven Competition) : إن المدخل الجديد الذى تطور بشكل قوى فى السنوات الأخيرة يتمثل فى التركيز على قوة الخدمات ذات العلاقة بمنتجات الشركة ، فحتى وقت قريب كان أغلب القيمة المضافة للمنتوج تأتى من عمليات الإنتاج التى تحول المادة الأولية إلى أشكال مفيدة من المنتجات النهائية (الحديد إلى سيارات والقمح إلى طحين) ، أما الآن فإن القيمة المضافة تأتى بشكل متزايد من التحسينات التكنولوجية ، خصائص الأسلوب ، صورة المنتج ، والخصائص الأخرى التى توجدها الخدمة فقط ؛ لهذا فإن

الشـركـات التى تفـهم وتركـز على هذا المدخل الجـديد مـثل شـركـة هوندا - تبنى إستراتيجيتها ليس على المنتجات ، وإنما على المعرفة العميقة لمهارات الخدمة الجوهرية المطورة باسـتـمـرار . وفى إطار هذا المدخل الجـديد وكـمـا يقـول (كـوين وزمـلاؤه J.B.Quinn et al) فى دراسـة نشـرها فى مـجلة هـارفـرد للأعـمـال بعنوان " مـا بعـد المنتجات : الإستراتيجية القائمة على الخدمات " فإن الشركة عندما تنتج داخليًا فمن الممكن أن يوجد آخرون ينتجون بكفاءة وفاعلية أكبر ، وبالتالى فإنها تُضحِّى بالميزة التنافسـيـة ، وعلى العكس فإن مفتـاح النجـاح الإسـتراتيـجى للعديد من الشـركات هو تطوير الائتلاف بعناية مع مورد أو أكثر فى العالم ، ومهندسى المنتج ، وكالات الإعلان ، الموزعين ، بيوت الأموال ، ومـقدمى خدمـات أخرى ، أى منتجـات مع شبكة قـوية من الخدمات تضمن كفاءة وفاعلية أكبر فى المنافسة .

خامسًا : إعادة الهندسة : إن إعادة الهندسة رؤية طرحت فى أواخر الثمانينيات من أجل إعادة التفكير فى عمليات الأعمال . ومع أن بدايات هذه الرؤية كانت مبكرة فى الاهتمامات الأولى بإعادة التصميم ، إلا أن الفارق المهم هو أن إعادة التصميم كانت تتم على مسـتوى أدنـى من إدارة العـمليات ، فـى حين أن التطوير اللاحق الـذى تمثل فـى إعـادة الهندسة كما طرحـها (همر وتشامبى Hammer and champy) فى كتابهما (إعـادة هندسـة الشـركـة) عـام ١٩٩٣م - وسّع كـثـيـرًا من هذا المفـهـوم ؛ حـيث أصـبح التركـيـز فى هذا الطرح الجديد ينصب على عمليات الأعـمـال . ويمكن تعريف إعـادة الهندسة حسب (همر و تشامبى) على أنها إعادة تفكير عميق ، وإعادة تصميم جذرى لعمليات الأعمال لتحقيق تحسين كبير وواسع فى معايير الأداء المهمة إستراتيجيًا مثل : الكلفة ، الجودة ، الخدمة ، والسرعة . ومع أن إعادة الهندسة يمكن أن تجذب الانتباه من التـسـمـيـة إلى الجـانب الهندسى إلا أن مـا يطرحـه هذا المفـهـوم يتـجـاوز المجـال الهندسى إلى مجال الأعمال لتغطى عمليات الأعمال كلها فى الشركات .

يشـير (H. L. Cypress) فى دراسته حـول (إعـادة الهندسـة) إلى أن هنـاك جيلين لإعادة الهندسة : الجيل الأول (من ١٩٨٨م إلى ١٩٩٣م) تركز هدفه على تحسين الأداء الكمى للشركة والتغير التنظيمى ، والاستفادة من مزايا تكنولوجيا المعلومات ، والجيل

الثانى لإعادة الهندسة تطور بعد ذلك ؛ حيث توسع نطاق إعادة الهندسة ؛ ليغطى عمليات الأعمال فى نطاقها الواسع . والواقع أن هذا التطور قد ارتبط بالميل المتزايد نحو ربط إعادة الهندسة بالابتكار من حيث إنها التوصل الفعّال إلى تكنولوجيا حديثة لتحقيق أهداف جديدة فى عمليات الأعمال . ولقد عزت إحدى الدراسات فشل بعض مشروعات إعادة الهندسة إلى أنها نظرت إلى التكنولوجيا الجديدة فى إطار العمليات الموجودة وليس فى إطار العمليات الجديدة ، وفى عمل الأشياء المألوفة ، وليس عمل الأشياء الجديدة و المختلفة .

ومن تحليل ومراجعة الدراسات الكثيرة التى تناولت إعادة الهندسة فى السنوات الأخيرة يمكن تحديد خصائص أساسية لإعادة الهندسة كالآتى :

١- إن إعادة الهندسة تركز على عمليات الأعمال وليس على العمليات الوظيفية ، وبالتالى فإن هذا المفهوم يهتم بالمدخل متعدد المجالات ومتداخل الوظائف ، وليس بالمدخل أحادى المجال ووحيد الوظيفة ؛ هذا ما يجعل إعادة الهندسة تتطلب بل وتشترط التزاماً عالياً من الإدارة العليا فى الشركة ببرنامجها .

٢- إن إعادة الهندسة تعتمد الاختراق (الوثبات الكبيرة) فى مقابل التحسين التدريجى فى شكل إضافات جزئية ؛ لهذا فإن التحسين من خلال إعادة الهندسة يجب أن يكون جذرياً مثل خفض الكلفة بنسبة (٥٠ ٪) ، و ليس بصيغة التحسين التدريجى بنسبة (٣٪) أو(٥٪) .

٣- إن إعادة الهندسة هى إعادة التفكير العميق بالحالة القائمة بالاعتماد على مدخل سجل أو جدول الأعمال . وهذا المدخل يبدأ من حاجات الزبون لضمان التوجه الزبونى ، ومن أهداف الشركة (الربح المستهدف) بالعملية الضرورية ؛ لإشباع تلك الحاجات ، ويتم ذلك دون التقيد بالتفكير والطرق الحالية التى تمثل الوضع القائم .

٤- ان إعادة الهندسة تتطلب استخدام أسلوب فريق العمل الذى يكون متعدد ومتداخل الاختصاصات ، مع إعطاء الصلاحيات الكافية لتحويلها إلى فرق مدارة ذاتيًا ؛ حيث إن مثل هذه الفرق تضمن مشاركة جميع الأقسام من جهة ، وتسمح بمشاركة أوسع تكون ضرورية للحد من مقاومة التغيير من جهة أخرى .

٥- إن إعادة الهندسة تتطلب مشاركة متوافقة للموارد البشرية (HR) وتكنولوجيا المعلومات (IT) ، فإذا كانت برامج إعادة الهندسة تهتم بالتكنولوجيا الجديدة لإعادة ابتكار عمليات وأشياء جديدة ؛ فإن هذا يجب أن يتوافق مع الاستفادة الأكبر من الموارد البشرية فى هذه التكنولوجيا .

لقد أشار (كيلى T. J. Keily) فى مجلة هارفرد للأعمال عام (١٩٩٥م) إلى إحدى الدراسات التى شملت (٥٠) مستشاراً يعملون فى (٣٠) شركة أمريكية ، والذين طُلب منهم تحديد أسباب نجاح وفشل برامج إعادة الهندسة ؛ فظهر من إجاباتهم أن أسباب النجاح هى : التوقعات الواقعية ، التزام الإدارة العليا، تقاسم الرؤية المشتركة ، ومشاركة العاملين . فى حين كانت أسباب الفشل أكبر من أسباب النجاح وهى : قيام الشركة باختيار المدير غير الملائم لبرنامج إعادة الهندسة ، قيام المديرين بتفويض صلاحياتهم للمستشارين وفق اتجاه «قم بها من أجلى» ، تركيز جهود إعادة الهندسة على خفض التكلفة أو على التكنولوجيا محدودة الأثر ، عدم استعانة المديرين بالمختصين بتكنولوجيا المعلومات وخاصة فى المراحل المبكرة ، وأخيراً نقص التفاؤل فى الشركة ، حيث أجواء الأزمة توجد الخوف والخوف يطرد التفاؤل .

من المفيد الإشارة إلى أن إحدى الدراسات الشاملة لبرامج إعادة الهندسة التى درست أكثر من (١٠٠) شركة ، وغطت بعمق (٢٠) مشروعاً لإعادة الهندسة فى المجالات الصناعية والزراعية والتجارية والخدمية ، كشفت أن هذه البرامج بدلاً من أن تحقق نجاحًا عظيمًا حققت إخفاقًا عظيمًا ، وأنه رغم التحسينات التى حققتها فى خفض الكلفة ووقت العملية وتحسين الجودة ؛ فإن كلفة وحدة الأعمال كانت تزداد والأرباح تتناقص ؛ ليظل الاستنتاج المهم هو أن مجال إدارة العمليات لا زال يحفل بالمساهمات الكبيرة ؛ من أجل تحسين فاعليتها فى تحقيق الأهداف وكفاءتها فى استخدام الموارد .

١-٥ - خصائص المنتج والخدمة :

إن مخرجات أية شركة تتكون من منتجات (سلع) وخدمات ، ويمكن تعريف المنتج (السلعة) بأنه ذلك الشىء المادى الملموس الذى يمكن أن يستخدم لإشباع حاجة ما . كما يمكن تعريف الخدمة بأنها العمل المنجز بطريقة ما لإشباع حاجة ما حيث الخدمة

يمكن أن تكون مقدمة للزبون مباشرة مثل الحلاقة أو للشركات مثل تأجير حاسبة أو لكليهما مثل خدمات الطاقة . ولابد من أن نشير إلى أن تعريف الخدمة لازال يواجه جدلاً ؛ بسبب التنوع الكبير فى الخدمات ، وإذا كان التعريف السابق يمثل تعريفًا واسعًا شاملاً ، إلا أنه مما يلاحظ عليه أنه قد أهمل الإشارة مثلاً إلى السمة الأساسية للخدمة وهى عدم القابلية على لمس الخدمة مقابل السمة الملموسة فى المنتج (السلعة) ، وكذلك عدم التأكيد على التزامن بين إنتاج الخدمة واستهلاكها ؛ حيث نجد أن (شرويدر R.G.Schroeder) يرى أن التعريف الأفضل للخدمة هو "أنها تنتج وتستهلك فى نفس الوقت" : فالخدمات لا توجد ولا تلاحظ ، وأن نتيجتها فقط يمكن أن تلاحظ بعد الواقعة ؛ فعندما يحلق الفرد شعره ؛ فإن الخدمة التى تقدم له تستهلك عندما تنتج ، ولكن تأثير أو نتيجة الخدمة تظهر وتبقى لبعض الوقت . والجدول رقم (١-٨) يوضح الفروق بين خصائص المنتج (السلعة) والخدمة .

الجدول رقم (١-٨) : الاختلافات بين السلعة والخدمة

خصائص السلعة	خصائص الخدمة
- السلعة ملموسة .	- الخدمة غير ملموسة .
- ملكية السلعة تتغيرأو تنتقل عند الشراء .	- الملكية عمومًا لا تتغير ولا تنتقل .
- السلعة يمكن إعادة بيعها .	- لا يمكن إعادة بيعها .
- السلعة يمكن وصفها قبل الشراء .	- الخدمة لا توجد قبل الشراء .
- السلعة يمكن أن تخزن فى المخازن .	- الخدمة لا يمكن خزنها .
- الإنتاج يسبق الاستهلاك .	- الإنتاج والاستهلاك متزامنان .
- الإنتاج والاستهلاك يمكن فصلهماموقعيًا .	- الإنتاج والاستهلاك غالبًا ما يظهران فى الموقع نفسه .
- السلعة يمكن نقلها من مكان لآخر.	- الخدمة لايمكن نقلها (بل إن القائم بالخدمة يمكن نقله).
- البائع (أو المنتج) هوالذى ينتج السلعة .	- المشترى يقوم بجزء من عملية تقديم الخدمة .
- الاتصال غير المباشر ممكن بين الشركة والزبون .	- فى الكثيرمن حالات تقديم الخدمة الاتصال المباشر مطلوب .
- السلعة يمكن أن تصدر .	- الخدمة لايمكن أن تصدر بشكل اعتيادى ، ولكن نظام التجهيز للخدمات يمكن أن يصدر .
- الأعمال منظمة حسب الوظائف مع مبيعات وإنتاج منفصلين .	- تقديم الخدمات (إنتاج الخدمة) والمبيعات لايمكن فصلهما وظيفيًا .

كما أشرنا فإن استخدام مصطلح إدارة العمليات يعود إلى التزايد الكبير فى أهمية واتساع قطاع الخدمات : فلم يعد قطاع الصناعة هو القطاع الأساسى فى الدول المتقدمة ، وإنما هو قطاع الخدمات وقد أشار «تقرير التنمية البشرية لعام ١٩٩٣م» إلى أن قطاع الخدمات كان يستحوذ على (٢٤,٥٪) من مجموع القوى العاملة فى العالم فى عام ١٩٦٥م ، وارتفعت إلى (٣٤,٨٪) فى الفترة ١٩٨٩ -١٩٩١م ، وفى الدول المتقدمة كانت النسبة فى الفترتين على التوالى : (٤١,٤٪) و (٦٦,٧٪) ، وفى الدول العربية كانت النسب على التوالى (٢٣٪) و(٤٥,٧٪) . كما أن الدراسات الأكاديمية وأدبيات إدارة العمليات التى صدرت خلال السنوات القليلة الماضية أخذت توجه الأنظار نحو تعاظم أهمية الخدمات عمومًا ، وكذلك تزايد هذه الأهمية فى عملية الإنتاج (التصنيع) نفسها ، فكما يشير (كوين وزملاؤه J.B.Quinn et al) فإن (٦٥-٧٥٪) من العاملين فى الصناعة يقومون بمهام خدمية فى الشركات الحديثة ؛ حيث يتدرجون من الأنشطة المرتبطة بالإنتاج ، مثل : البحث والتطوير ، تموين المواد ، الصيانة ، وتصميم المنتج والتشغيل ، إلى خدمات العاملين غير المباشرة كالمحاسبة ، القانون ، التمويل والأفراد ، أما على الصعيد الإجمالى ، فإن كلف الخدمات تصل إلى ثلاثة أرباع الكلف فى أغلب الصناعات الأمريكية . والسؤال الذى يطرح نفسه هو : لماذا أخذ ينمو قطاع الخدمات أسرع من نمو القطاعات الأخرى ؟ والاجابة التى يقدمها (ماركين R.Markin) تتمثل فى ثلاثة عوامل أساسية هى :

أولاً : تأثير النمو : مع النمو الاقتصادى فإننا أصبحنا أكثر غنى ، وحسب قوانين الاستهلاك فإن الزيادة فى الدخل تؤدى إلى زيادة الإنفاق لنسبة منها ؛ مما يعنى أن الزبائن يكونون قادرين على إنفاق أكبر على الخدمات إلى جانب المنتجات (السلع) . وهذا ما يتسق مع فرضية (كلارك فيشر Clark-Fisher) المعروفة التى تفترض من الناحية الاقتصادية أن المجتمعات تتحرك خلال تعاقب مراحل التطور الاقتصادى من مجتمعات المستوى الأدنى التى تعتمد على الصيد والزراعة والحراجة بشكل أساسى لتنتقل إلى مجتمعات المستوى الثانى القائمة على تصنيع المنتجات المادية القابلة للنقل ، ومن ثم الانتقال إلى مجتمعات المستوى الثالث التى يتم الاعتماد فيها على الأنشطة المهنية ، التمويل ، النقل ، التسويق ، الاتصالات ، والخدمات الحكومية والشخصية .

وهذه كلها خدمات ، ففى اقتصاد المستوى الثالث فإن إنتاج وتسويق الخدمات يصبح أكثر أهمية من إنتاج وتسويق المنتجات (السلع) .

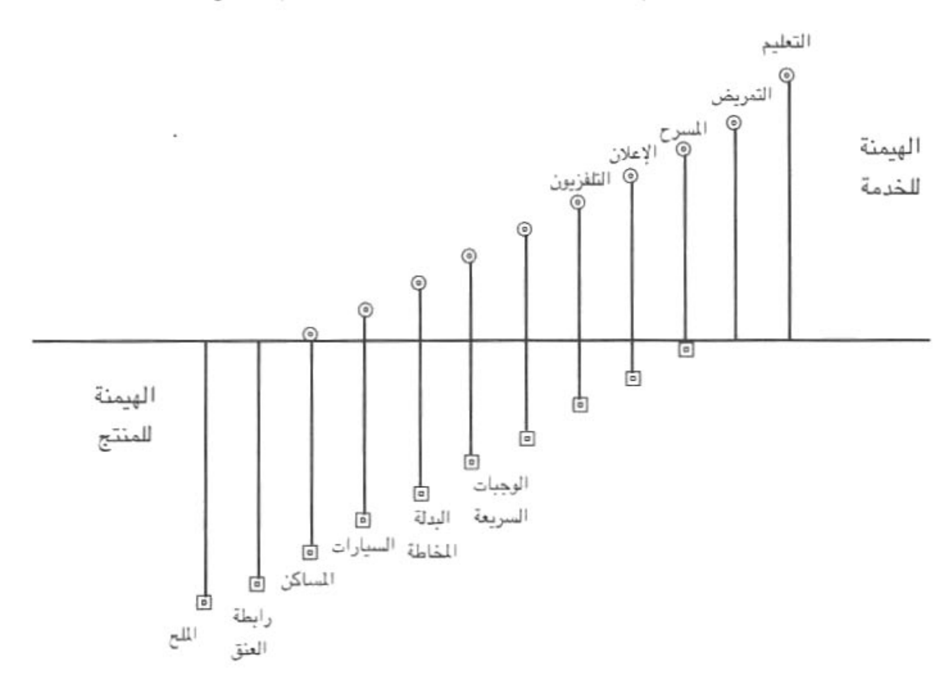
ثانيًا : تأثير التكنولوجيا : إن التكنولوجيا بقدر ماهى مسؤولة عن إنتاج المزيد من المنتجات ، فإنها مسؤولة عن خلق وتقديم المزيد من الخدمات ؛ فلأن الحاجة إلى المنتجات فى أكثر الأحيان أسرع من الحاجة إلى الخدمات : فإن التطور فى المنتجات كان أسبق من الخدمات ، وهذا ما كان بالفعل ويمكن أن نلاحظه فى أن الحاجة إلى التلفزيون (المنتج) أوجدت الحاجة إلى الصيانة (الخدمة) ، وتكنولوجيا الأقمار الصناعية أوجدت الحاجة إلى الاشتراك التلفزيونى (الخدمة) .

ثالثًا : تغير أسلوب حياة الزبون : إن الأسرة القديمة القائمة على الاكتفاء الذاتى لم يعد لها وجود ، وإن تغير أسلوب الحياة ؛ جعل الناس يتطلعون إلى الخدمات لتلبية احتياجاتهم بما فى ذلك الاحتياجات التى كان يتم إشباعها عن طريق وظائف الأسرة كما فى خدمات رعاية الأطفال ، خياطة ورتق الملابس ، وتنظيف الملابس والمساكن والسيارة .. إلخ ، التى أصبح توفيرها ضروريًا من خلال شركات خدمية بعد أن خرجت المرأة للعمل ؛ مما يتطلب تعويض خروجها من خلال هذه الشركات .

كما يمكن إضافة عامل آخر لا يقل أهمية عن العوامل السابقة ، وهو أن القيمة المضافة المتأتية من الخدمة أكبر من نظيرتها المتأتية من التصنيع ، وأن الاعتراف يتزايد بأن التصنيع أصبح نشاطًا حديًا منخفضًا ، وهذا ما نجده جليًا فى صناعة الحاسبات الشخصية ؛ حيث إن إنتاج الأجهزة يمثل نشاطًا حديًا منخفضًا مقارنةً بالبرمجيات وأنشطة دعم الخدمات التى تنشئ الجانب الأكبر من قيمة المنتج للزبائن .

وإزاء هذا التطور الكبير فى الخدمات ؛ فإننا نجد أن أغلب الشركات الحديثة لم تعد تميل إلى التخصص فى المنتجات فقط ، وإنما تبحث عن المزيج أو توليفة الملائمة من المنتج / الخدمة ، والشكل رقم (١-٩) يوضح إمكانية إيجاد مثل هذه التوليفات ؛ حيث إن الفكرة الأساسية وراء هذا الشكل هى أن كل شىء يباع لابد أن يقع بشكل ما على السلسلة المتصلة لهيمنة المنتج / الخدمة (Continuum P/S Dominance) .

الشكل رقم (١-٩) : تدرج الخدمة مقابل تدرج المنتج



من هذا نجد أن صناعة الملح ورابطة العنق يهيمن عليهما مفهوم المنتج القياسي ، بينما التعليم والتمريض فيهيمن عليهما مفهوم الخدمة . أما البدلة المخاطة والوجبات السريعة والتلفزيون فإنها تخص المنتج كما تخص الخدمة . وعلى الشركات أن تدرك الاختلافات في عناصر الخدمة / المنتج ، وأن تكون قادرة على اختيار المزيج الملائم من الخدمة / المنتج .

١ -٦- مصفوفة الخدمة :

إن مصفوفة الخدمة (Service Matrix) تساعد على تصنيف الخدمات رغم تنوعها إلى فئات أساسية حسب بعض الخصائص : تقديم الخدمة حسب طلب الزبون ،

والاتصال بالزبون وكثافة العمل ورأس المال ؛ حيث يمكن أن نجد فى كل خانة من المصفوفة عدداً من المنظمات الخدمية الملائمة حسب هذه الخصائص كما فى الشكل رقم (١-١٠) . ووفق هذه المصفوفة تصنف الخدمات إلى :

أولاً : الخدمات الشبيهة بالتصنيع (Quasi -Manufacturing) : من أمثلتها خدمات البريد ومعالجة الصكوك وكذلك المستودع المؤتمت ، وهذه تتطلب كثافة رأس المال مع كثافة عمل أقل ، واتصالاً محدوداً بالزبون ، وهى تمثل خدمات قياسية شبيهة فى تعاقب عملياتها بالتنظيم الخطى ومنتجاته القياسية .

ثانيًا : الخدمة الواسعة (Mass Services) : من أمثلتها التعليم المدرسى ، والخدمات الخاصة بالحفلات وخط الكافتيريا ، وهذه تتطلب كثافة عمل أكبر مع كثافة أقل لرأس المال ، كما تتطلب التدريب وجدولة الموارد البشرية لتقديم الخدمة بنجاح .

ثالثًا : خدمات حسب الطلب (Custom-Shop Services) : من أمثلتها خدمات عقود النقل والاتصال الهاتفى عبر المسافات البعيدة والعلاج الصحى ؛ حيث إن المستشفيات مثلاً يجب أن تكون قادرة على تقديم الخدمات للمرضى حسب الطلب من خلال ملاك مهنى وتكنولوجيا كثيفة رأس المال نسبياً مع اتصال عالٍ بالزبون .

رابعًا : الخدمات المهنية (Professional Services) : من أمثلتها الاستشارة القانونية والتشخيص الطبى ، والدروس الخصوصية ، وهى تتطلب الاتصال العالى بالزبون وملاكًا مهنيًا متخصصاً ؛ حيث إن المهنى هو الأساس فى تقديم هذه الخدمات حسب المعايير والقواعد المهنية .

الشكل رقم (١-١٠) : مصفوفة الخدمة

	الاتصال الأدنى بالزبون	الاتصال العالى بالزبون
كثافة رأس المال	الخدمات الشبيهة بالتصنيع : - خدمات البريد . - معالجة الصكوك . - المستودع المؤتمت .	خدمات حسب الطلب : - خدمات عقود النقل . - هاتف المسافات البعيدة . - العلاج الصحى .

تابع – الشكل رقم (١–١٠) : مصفوفة الخدمة

كثافة العمل	الخدمات الواسعة : – التعليم . – الحفلات . – الكافتيريا .	الخدمات المهنية : – الاستشارة القانونية . – التشخيص الطبى . – إلقاء الدروس الخصوصية .
	تكنولوجيا التشغيل المحكمة	تكنولوجيا التشغيل المرنة

١ – ٧ – سلسلة الخدمة – الربح :

إن شركات الخدمات لم تكن فى السابق مثلما هى عليه الآن ؛ فلقد كانت الخدمات كما يقول روش (S.S.Roach) محمية من المنافسة ، وكان تحفيزها محدوداً لمعالجة نقص الكفاءة ، ولكن دخول لاعبين جدد يتحدون الفلسفات والممارسات القديمة فى الخدمات غيّرت ذلك . والمثال الذى يقدمه (شلسنجروهسكيت Schlesinger and Heskett) فى (ماكدونالد) يعبرعن الظروف الجديدة ، فلسنوات عديدة لا أحد فى صناعة الخدمات يمكن أن يجارى (ماكدونالد) فى النمو والربحية فى عالم الوجبات السريعة ، ولكن فى نهاية الثمانينيات بدأت (ماكدونالد) تواجه فترة عصيبة ؛ فلأول مرة بدأت المبيعات والدخل التشغيلى (Operating Income) فى معارض كثيرة للشركة فى الانخفاض بتأثير المنافسين الذين يقدمون وجبات أكثر تنوعًا وأسعارًا أقل ، و بهذا بدأ مدخل الإنتاج الواسع وتفكير خط الإنتاج والاعتماد على المنتج القياسى المتماثل يتراجع مقابل المدخل الجديد وتفكير خط الزبون (Customer Line Thinking) والتنوع الأكبر ، والمدخل الجديد يضع عمال الخط الأمامى (Frontline Workers) أولاً وتصميم نظام الأعمال حولهم ، ويحدد شلسنجر وزميله خصائص المدخل الجديد بالآتى :

أولاً : التقييم الاقتصادى للاستثمارات فى البشر مثل الاستثمارات فى الآلات ، وأحيانًا تكون الأولى ذات عوائد أكبر من الثانية .

ثانيًا : استخدام التكنولوجيا لدعم جهود العاملين فى الخط الأمامى وليس فقط السيطرة على موقع العمل .

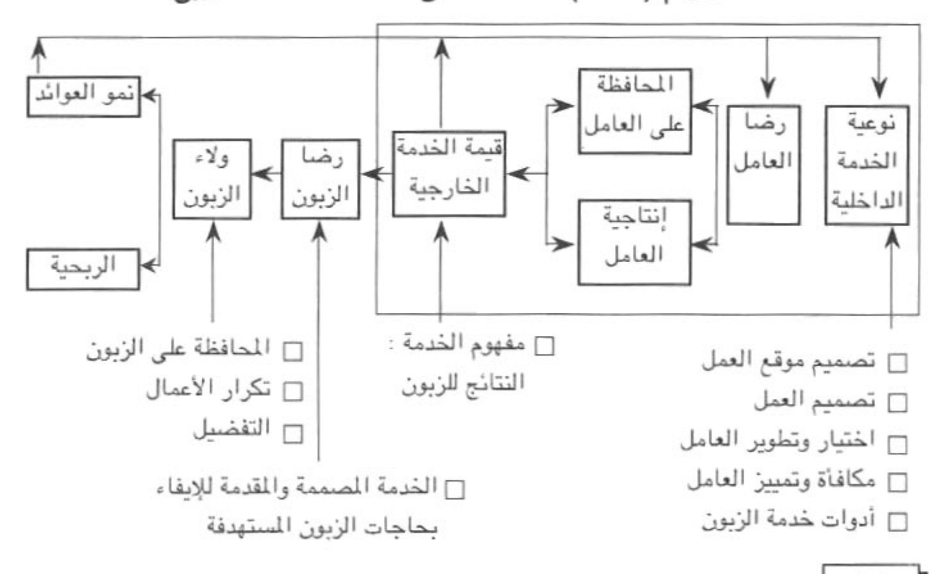
ثالثًا : جعل الاستخدام والتدريب شرطًا حاسمًا للبائعين (مقدمى الخدمة) والمديرين .

رابعاً : ربط التعويض بالأداء فى كل المستويات وليس فقط فى المستوى الأعلى .

وإزاء هذا التوجه الجديد نحو عمال الخط الأمامى من أجل إشباع أفضل للزبون فى ظل المنافسة المتزايدة فى قطاع الخدمات ؛ كان لابد من تطوير النماذج والأساليب التى تساعد على مواجهة هذه الظروف الجديدة . وتعد سلسلة الخدمة ـ الربح إحدى هذه النماذج المهمة التى تساعد المديرين فى هذه الظروف على تطوير الخدمة وتحقيق التأثير التنافسى الأقصى لتوسيع الفجوة بين قادة الخدمة ومنافسيهم من قادة المنتجات كما يقول (هسكيت وآخرون ., J.L.Heskett et al) فى دراسة أخرى .

والشكل رقم (١-١١) يوضح هذه السلسلة التى طوّرت من تحليل الشركات الخدمية الناجحة لإيجاد علاقة متسلسلة الحلقات بدءًا بجودة الخدمة الداخلية المؤدية إلى رضا العامل المؤدى بدوره إلى المحافظة على العامل ورفع إنتاجيته ؛ مما يساهم فى إيجاد قيمة الخدمة الخارجية لدى الزبون (أهمية نتائج الخدمة الكلية بالمقارنة مع الكلفة الكلية التى يتحملها الزبون) ، وهذه بدورها تؤدى إلى تحقيق رضا الزبون ؛ مما يؤدى إلى ولاء الزبون (معاودة الزبون للشراء) والذى يؤدى إلى نمو العوائد وزيادة الربحية .

الشكل رقم (١-١١) : الحلقات فى سلسلة الخدمة – الربح



إن سلسلة الخدمة ـ الربح كما يشير واضعوها قد تم استنتاجها من شركات الخدمة الناجحة التى تضع العامل والزبون أولاً ، والتى تهتم بالقيمة مدى الحياة لولاء الزبون التى يمكن أن تؤدى إلى نتائج كبيرة تساهم فى تطوير الخدمة ومستويات الرضا والقدرة التنافسية القصوى .

١ -٨ - التطور التاريخى لإدارة العمليات :

إن التطور التاريخى لا يمكن اعتباره نتاج مصادفة ، كما لا يمكن اعتباره نتيجة التصميم والتخطيط ، بل هو نتيجة لحوادث ووقائع كثيرة تعبر عن سعى الأفراد والمجتمعات من أجل إنجاز أهدافها . ولقد كانت أنظمة الإنتاج قديمة قدم الحضارات الأولى : فبناء الجنائن المعلقة والأهرامات وسور الصين العظيم وهياكل الإغريق والرومان والمدن القديمة – كلها تشير إلى وجود أنظمة للإنتاج تتميَز بالإدارة والتنظيم والتنسيق .

فى الفترات المبكرة وحتى العصور الوسطى كانت عمليات الإنتاج تعتمد على الجهود الفردية والإنتاج بكميات قليلة ، وقد اتسمت الفترة التى سبقت الثورة الصناعية بالمظاهر العامة الآتية :

أ ـ العمل المنزلى هو نمط الإنتاج السائد .

ب ـ الإنتاج بكميات قليلة .

ج ـ المقايضة المباشرة .

د ـ فى أواخر المرحلة التجارية ظهر التجار والسماسرة الذين يجمعون الفائض من أجل تصديره ، وكان هذا سببًا فى التشجيع على زيادة الإنتاج بعد أن تحول العامل المنزلى إلى ما يشبه العامل لدى التاجر .

هـ ـ أساليب العمل كانت بدائية وجهود التطوير فردية وأصحابها غير معروفين .

ولم تخلُ هذه الفترة من بعض الإرهاصات من نوع المصنع الذى ظهر عام ١٤٣٦م فى فينسيا الذى مثَّل نموذجًا مبكرًا لخط الإنتاج الواسع لتجهيز وتموين السفن ،

وكذلك استخدام دفّات السفن القابلة للتبديل بسبب تحطمها المستمر . ولكن البداية الحقيقية لتطور إدارة الإنتاج تتمثل فى الثورة الصناعية التى يُؤرِّخ لها الكثير من المختصين بأنها ابتدأت مع إدخال آلة البخار لـ(جميس وات J.Watt) ، ومع الثورة الصناعية تم الانتقال من الإنتاج المنزلى إلى نظام المصنع ؛ ليبدأ التطور المتواصل فى إدارة الإنتاج (العمليات) .

وفى أدبيات إدارة الإنتاج فإن التطور التاريخى يعالج بأسلوبين هما : أسلوب الفترات وأسلوب المساهمات الفردية ، ونعرض فيما يأتى لهذين الأسلوبين .

أولاً : أسلوب الفترات : إن (وكهام سكنر W.Skinner) قدّم تاريخ إدارة الإنتاج أو العمليات مكونًا من خمس فترات ، هى :

- الفترة الأولى (١٧٨٠م -١٨٥٠م) : هى فترة القادة الصناعيين كرأسماليين تكنولوجيين ، وفيها بدأ الإنتاج يتحول من الحجوم الصغيرة إلى الحجوم الكبيرة ، مع عمليات إنتاج صارمة . وإدارة هذه العمليات بقيت بيد الإدارة العليا مع مساعدة المشرفين من العمال ، وكانت ظروف العمل صعبة وقاسية .
- الفترة الثانية (١٨٩٠م -١٩٢٠م) : هى فترة القادة الصناعيين كمهندسين للإنتاج الواسع ، وهذه الفترة تمثل دفعة قوية للثورة الصناعية ، وفيها ظهر الإنتاج الواسع وخط التجميع ، وتم نقل الفحم بكميات كبيرة بكفاءة ، وكانت الهيمنة والتأثير الكبير لرئيس العمال فى هذه الفترة .
- الفترة الثالثة (١٩٢٠م -١٩٦٠م) : هى فترة تحرك الإدارة الصناعية إلى داخل المنظمة ، وفيها ظهر دور مدير الإنتاج الفعلى بعد أن أصبحت إدارة الإنتاج (التصنيع) معقدة ، ومع هذا التعقيد ظهرت الحاجة إلى الإدارة العلمية ، ويلاحظ أن أغلب مفاهيم أسس الإدارة العلمية أدخلت فى هذه الفترة .
- الفترة الرابعة (١٩٢٠م -١٩٦٠م) : هى فترة تنقيح الإدارة الصناعية لمهاراتها فى السيطرة والاستقرار ، ومع ظهور مستويات جديدة من التعقيد ؛ فإن رئيس عمال واحد لم يعد قادراً على تنسيق طلبيات الإنتاج لخط متغير وجداول إنتاج عديدة ومتنوعة ؛ لذا بدأ عصر التخصص فى الإنتاج . إن هذه الفترة تعتبر العصر الذهبى

لتطور الصناعة الأمريكية ، ولتصبح القوة الصناعية الأكبر فى العالم عام ١٩٦٠م ، كما فى هذه الفترة تطورت واستخدمت الطرق والأساليب الكمية وتحسنت ظروف العمل وعلاقاته .

- الفترة الخامسة (١٩٦٠م - ١٩٨٠م) : هى فترة تساقط أسس الإدارة الصناعية ، وقد شهدت تراجع الشركات الأمريكية ومفاهيمها فى الإدارة ؛ فالمنتجات التى كانت تصدر من الولايات المتحدة قبل هذه الفترة أصبحت تستوردها من ألمانيا واليابان والشرق الأدنى ، كما شهدت هذه الفترة ظهور التجربة اليابانية بمفاهيم وأساليب جديدة ، وكذلك تكنولوجيا الإنسان الآلى وأنظمة التصنيع المرن .

يخلص (سكنر) إلى أن مدير العمليات فى التسعينيات سيتطلب تدريبًا أفضل وإعدادًا أوسع ؛ ليتعامل مع الحاسبات وأنظمة المعلومات المعقدة وأنظمة دعم القرار والنماذج الرياضية .

ثانيًا : أسلوب المساهمات الفردية : هذا الأسلوب يعتمد على إبراز مساهمات الأفراد وفق تسلسل تاريخى متراكم ؛ حيث يلاحظ أن هذه المساهمات كانت محدودة ومتباعدة فى البداية ؛ لتتسع وتتزايد فى بداية هذا القرن والجدول رقم (١-١٢) يوضح هذه المساهمات :

الجدول رقم (١-١٢) المساهمات الفردية فى تطور إدارة العمليات

السنة أو الفترة	المساهمة الفردية
١٧٧٦م	يصدر (آدم سمث A.Smith) كتابه " ثروة الأمم " أكد فيه على تقسيم العمل ومزاياه الاقتصادية .
١٨٠٠م	يساهم (أيلى وتنى E.Whitney) فى إدخال الأجزاء القياسية القابلة للتبادل (Interchangeable Parts) .
١٨٣٢م	يصدر (جارلس بابيج C.Babbage) كتابه " فى اقتصاد الآلات والصنائع " مؤكدًا على مزايا تقسيم العمل وأهميته فى زيادة الإنتاجية وتخفيض الأجور الكلية .
١٩١١م	يصدر (فردريك تايلور F.W.Taylor) كتابه " مبادئ الإدارة العلمية " موضحًا فيه أهمية الإدارة العلمية والتأكيد على المبادئ الأربعة لما يسمى بالإدارة العلمية .

تابع – الجدول رقم (١–١٢)

السنة أو الفترة	المساهمة الفردية
١٩١٤م	ثنائي جيلبرت (فرانك وليليان جيلبرت Frank and Lillian) ينشران كتابهما " دراسة الحركة التطبيقية " ، وقد وضعا فيه مبادئ اقتصاد الحركة والأساليب الجديدة فى دراسة العامل وحركاته مع وضع رموز دراسة الحركة (Therbligs) .
١٩١٥م	قام (فورد هاريس F.W.Harris) بتطوير نموذج كمية الطلبية الاقتصادية (EOQ) للرقابة على المخزون فى شركة وستنكهاوس : ليتجاوز الأنظمة اليدوية غير العملية مثل نظام الوعائين (Two-Bin System) .
١٩١٩م	أصدر (هنرى لورنس جانت H.L.Gantt) كتابه " تنظيم العمل " ، وساهم بالمخطط المعروف باسمه (Gantt Chart) كأداة فعّالة فى التخطيط والسيطرة على الإنتاج .
العقد الثانى	يستخدم (هنرى فورد H.Ford) خط التجميع (Assembly Line) فى صناعة السيارات ، وبدلاً من صناعة كل شيء يمكن الآن القيام بالتجميع فقط : ليكون هناك خط التصنيع وخط التجميع .
١٩٢٤م	البدء بتجارب هوثورن (Hawthorne Experiments) فى مصنع هوثورن التابع لشركة جنرال إلكتريك تحت إشراف الأكاديمية القومية للعلوم لدراسة علاقة الظروف المادية بالإنتاجية ، وفى عام ١٩٢٧م تم استدعاء فريق من جامعة هارفرد بقيادة (إلتون مايو E.Mayo) : ليواصل التجارب ويتوصل فيما بعد إلى الدوافع غير المادية والتنظيم غير الرسمي ، ويوجد مدرسة العلاقات الإنسانية .
١٩٢٤م	استطاع (والترشويهارت W.A.Shewhart) من مختبرات بيل للهاتف أن يقيم أول كورس طبق فيه مخطط الرقابة الإحصائية (Statistical Control Chart) على المنتجات الصناعية : ليجئ من بعده من مختبرات بيل دوج وروميج (H.F.Dodge and H.C.Romig) : ليطبقا خطط العينات الوحيدة والمتعددة ، ويضعا جداول الفحص بالمعاينة (Sampling Inspection Tables) .
١٩٣٤م	قام تيبت (L.H.C.Tippett) من صناعة النسيج البريطانية بتطوير معاينة العمل (Work Sampling) أو قياس النشاط بالعينات .
١٩٣٦م	يجذب (رايت T.P.Wright) الاهتمام إلى منحنى التعلم من خلال دراسة نشرها فى مجلة " علوم الطيران " حيث وصف كيف أن كلفة العمل المباشر لإنتاج بدن الطائرة تنخفض مع التجربة .

تابع - الجدول رقم (١-١٢)

السنة أو الفترة	المساهمة الفردية
١٩٣٩م	تشكيل فريق علمى متعدد الاختصاصات تحت إشراف عالم الفيزياء (بلاكيت) : ليشكّل ما عرف بحلقة بلاكيت (Blackett's Circus) لدراسة المشكلات العسكرية واللوجستية خلال الحرب ، وكان هذا العمل البداية المهمة لفرع مهم هو بحوث العمليات .
١٩٤١م	يصيغ (هتشكوك F.L.Hitchcock) الشكل القياسى لمشكلة النقل فى دراسة نشرها فى مجلة " الرياضيات والفيزياء تحت عنوان " توزيع المنتج من مصادر متعددة لمواقع متعددة " وفى عام ١٩٤٩م جذب (كويمانز T.C.Koepman's) الاهتمام الكبير إلى مشكلة النقل فى بحثه حول " الاستخدام الأمثل لنظام النقل" وفى عام ١٩٥١ يطبق (جورج دانتزك G.B.Dantzig) طريقة السمبلكس على مشكلة النقل .
١٩٤٦م	قام (جون موشلى وإيكرت Mauchly and Eckert) بصنع الحاسبة العشرية . وفى سنة ١٩٥١م قدما أول حاسبة عشرية تجاريًا هى (UNIVAC) : ليتطور استخدامها بشكل كبير فى أنظمة إدارة العمليات .
١٩٤٧م	دعى (موريل k.W.Murrell) رئيس قسم علم النفس التطبيقى فى جامعة بريستول للقيام باختبارات على القطع البحرية ومدى ملاءمتها للاستخدام من قبل أفراد الطواقم فى الأسطول البريطانى ، وقد وضع معايير قياسية على الشركات الالتزام بها . وفى مؤتمر عقد فى أكسفورد سنة ١٩٤٩م أطلق موريل تسمية الهندسة البشرية (Ergonomics) : ليوجه الأنظار نحو هذا الفرع الجديد من العلوم .
١٩٤٧	يقوم (جورج دانتزك G.B.Dantzig) بتطوير نموذجه المعروف بطريقة السمبلكس (Simplex Method) .
١٩٤٨م	ماينرد وأخرون (H.B.Maynard et al.) يطوّرون نظام قياس وقت الأساليب (Measurement Method Time) ، وهو من الأنظمة الأساسية المتعلقة بأوقات الحركات القياسية المحددة مسبقًا ، والمعروف بالرمز (MTN-1) : ليساهم فى تصميم العمل وخاصة فى ظل الاستخدام المتزايد للمكننة والأتمتة .
١٩٥١م	يقوم (فورد ديكى H.F.Dickey) باستخدام تحليل (أ ب ج) للمخزون مطوّرًا بذلك استخدام قاعدة باريتو (Pareto Rule) فى مجال المخزون .

تابع – الجدول رقم (١-١٢)

السنة أو الفترة	المساهمة الفردية
١٩٥٦م	تقوم شركة (ديبونت DuPont) بتطوير طريقة المسار الحرج (Critical Part Method) ، وفى عام ١٩٥٧م تم تنفيذ هذه الطريقة على حاسبات (UNNAC) للسيطرة على بناء مصنع كيمياوى وحققت نتائج جيدة . وفى عام ١٩٥٨م تم تطوير أسلوب تقييم ومراجعة المشروع (PERT) من قبل شركة استشارية هى (Booz , Allen and Hamilton) التى تعاقدت مع مكتب المشاريع الخاصة التابع للبحرية الأمريكية فى إطار تحسين برنامج صواريخ بولاريس . وفى عام ١٩٣٦م يقوم برتسكير (A.B.Pritsker) بتطوير أسلوب التقييم والمراجعة البيانى المعروف بالرمز (GERT) الذى استخدم الشبكيات فى خطوط الانتظار مع تجاوز بعض المحددات فى طريقة بيرت (PERT) .
١٩٦٠م	توصل (جوى أورلكى J.Orlieky) لاستخدام نظام تخطيط الاحتياجات من المواد (MRP) ومن ثم تطويره فى كتبه التى نشرها فى عامى ١٩٧٤م و١٩٧٥م .
بداية الستينيات	يقوم (تاييجى أونو T.Ohno) بتطوير نظام إنتاج الوقت المحدد (Just-In-Time Production System) المعروف بنظام إنتاج تويوتا ، وفى بداية الثمانينيات انتقل النظام إلى الولايات المتحدة وأوربا .
بداية الستينيات	يشرف الدكتور (كاورو إيشيكاوا K.Ishikawa) على حملة التطبيق الواسع لدوائر الجودة اليابانية .
١٩٦٩م	ينشر (سكنر W.Skinner) دراسة " التصنيع : الحلقة المفقودة فى الإستراتيجية الكلية " وفى سنة ١٩٧٤م يقدم دراسته حول " المصنع البؤرى "وفيما بعد كتابه" التصنيع : السلاح التنافسى العظيم " ؛ ليفتح الطريق أمام تطوير إستراتيجية العمليات (أو التصنيع) .
السبعينيات	تم إدخال تكنولوجيا الإنسان الآلى (Robot) فى العمليات الخطرة ، كما استخدمت أنظمة التصنيع المرنة (Flexible Manufacturing Systems) ، وتطوير أنظمة التصنيع المتكاملة (Integrated Manufacturing Systems) ، وكذلك التصميم بمساعدة الحاسبة (CAD) .
الثمانينيات	استخدام تخطيط التشغيل بمساعدة الحاسبة (CAPP) ، واستخدام بعض تطبيقات الذكاء الصناعى مثل الأنظمة الخبيرة (Expert Systems) التى

تابع – الجدول رقم (١-١٢)

السنة أو الفترة	المساهمة الفردية
	استخدمت فى جدولة مواقع العمل ، والرؤية الآلية (Machine Vision) التى استخدمت فى السيطرة على الإنتاج والجودة (انظرالفصل الثالث عشر: تكنولوجيا الإنتاج) .
بداية الثمانينيات	يقوم كولدرات (E.Goldratt) بتطوير تكنولوجيا الإنتاج المثلى (Optimized Production Technology) ورمزه (OPT) الذى يعتمد على خوارزمية سرية للتوصل إلى الاستغلال الأمثل للموارد فى حالة الإنتاج حسب الطلب .

مما تقدم يمكن أن نلاحظ أن التطور كان واسعًا ومتنوعًا ، وهو يمثل أساسًا قويًا لتطور إدارة العمليات فى المستقبل ؛ حيث إن دراسة الماضى مسألة ضرورية لفهم التطور فى المستقبل ، ومن دراسة التطور التاريخى لإدارة العمليات ؛ يمكن أن نستنتج أن اتجاهات التطور فى الفترة الماضية كانت تتمثل فى الآتى :

أولاً : التطور فى المفاهيم والمبادئ : هذا مانجده فى تقسيم العمل ، مبادئ اقتصاد الحركة ، أنماط الإنتاج ، تصميم المنتج والتشغيل .. إلخ . والواقع أن هذا التطور هو الذى يمثل الجوهر الحقيقى لتطور إدارة العمليات ؛ لأن المبادئ والمفاهيم واحدة فى حين أن التطبيقات والوسائل هى التى تختلف من بيئة لأخرى ، وفى هذا يقول (دركر P.F.Drucker) إن الإدارة ليست مجموعة وسائل وأساليب وحيل ، بل هى مجموعة جوهرية صغيرة من المبادئ التى تدور حول البشر ، وأن ما يفعله المديرون فى ألمانيا والبرازيل وبريطانيا والولايات المتحدة هو الشىء نفسه ، ولكن كيف يفعلون ذلك الشىء فهو مختلف تمامًا ؛ لأن الثقافة هى ما يختلفون فيه .

ثانيًا : التطور فى الطرق والأساليب الكمية وبحوث العمليات : تَمثَّل فى الطرق التجريبية (Heuristics) ، وطرق الأمثلية (Optimization Methods) ؛ حيث إن هذه الطرق تمثل المدخل الكمى فى إدارة العمليات .

ثالثًا : التطور فى تكنولوجيا وأتمتة الإنتاج : يتمثل فى التطور المتزايد فى إدخال الآلة وإحلالها محل القوة البشرية ، ليس فى تنفيذ الأعمال والعمليات فقط ، وإنما أيضًا فى بعض عمليات التصميم والتخطيط والسيطرة . وهذا ما تمثله أنظمة التصنيع المرنة (FMS) والتصميم بمساعدة الحاسبة (CAD) والتصنيع المتكامل بالحاسبة (CIM) .. إلخ .

رابعًا : تطور إدارة العمليات خلال الفترة الماضية : قد ترافق مع زيادة كبيرة ومستمرة فى الإنتاجية مع تطور غير مكافئ فى الجودة ، وإذا كان القرن العشرين هو قرن الإنتاجية كما يقول (جوران J.M.Joran) : فإن القرن الواحد والعشرين سيكون قرن الجودة ، أى قرن التطور السريع والكبير فى الجودة .

١-٩- اتجاهات التطور فى إدارة العمليات :

فى عصر التغيرات السريعة فإن إدارة العمليات تمر بتحولات كثيرة ، وتواجه تحديات أساسية عديدة ، وقد حدد (ديلورث J.B.Dilworth) هذه التحديات التى تواجه إدارة العمليات اليوم فى الآتى :

أ - التأكيد على الجودة وتزايد الاعتقاد بإمكانية تحسين الجودة وخفض الكلفة فى نفس الوقت .

ب - الاتجاه نحو استخدام نظام الوقت المحدد (JIT) : فلقد أصبح هذا النظام المدخل العام للمنتجين ، وأن المنتج الذى يأخذه يجعل منافسيه يتبعونه .

ج - تطوير وتحسين الأتمتة المرنة (Flexible Automation) مثل الإنسان الآلى وأنظمة التصنيع المرنة ، والتوسع باتجاه التصنيع المتكامل بالحاسبة (CIM) أو ما يعرف شعبيًا بمصنع المستقبل .

د - الحاجة إلى ميزانيات أكبر تُخصص للبحث والتطوير (Rand D) .

هـ ازدياد أهمية التدريب فى جميع المستويات وخاصة لمديرى العمليات .

و - التأكيد على الاقتراب أكثر من الزبون .

ز – ازدياد أهمية الشركات الصناعية الصغيرة كجزء من شبكة الشركة الأكبر .

ح – الحاجة إلى السلوك التنافسى ؛ مما يتطلب من مديرى العمليات أن يكونوا قادرين على إدارة الصراع : حيث إن قطاع الأعمال سيدار على الأغلب من قبل مديرين محترفين .

كما أن شركة استشارية صناعية دولية معروفة بعد أن قامت باستطلاع آراء (٥٩) من الرؤساء التنفيذيين للشركات متعددة الجنسيات عبر العالم ؛ أظهرت الأسس الرئيسية لتغير الأعمال فى العالم حيث أكدوا على ما يأتى :

أ ـ الحاجة إلى تحقيق النمو فى الأسواق كتوسيع للتقسيم الدولى .

ب ـ أن تكون المنتجات والخدمات ذات جودة عالية وأسعار منخفضة حسب المقاييس الدولية .

ج ـ أن يكون التركيز الأساسى للشركة هو : أن تفعل ما هو أفضل دائمًا .

د ـ أن الهدف الأساسى للأعمال هو التوسع .

هـ أن الاستحواذ هو الطريقة المفضّلة فى الأسواق الناضجة ، وأن المشروعات المشتركة تعمل بشكل أفضل فى آسيا والمناطق النامية الأخرى .

و ـ وجوب أن تركز الشركة فى مدخلها على الإستراتيجية الدولية ، ولكن ينبغى أن تبقى حساسة لظروف السوق المحلية .

ز ـ أن هناك اتفاقًا دوليًا حول الحاجة إلى العاملين الذين لديهم منظور دولى للأعمال .

إن هذه التحديات والأسس المهمة تضع إدارة العمليات أمام مسؤوليات كبيرة ، خاصة وأن التجارب الجديدة فى اليابان وألمانيا وغيرهما تنقل إدارة العمليات إلى مرحلة جديدة بمفاهيم وخصائص وأساليب جديدة يكشف عنها الملحق (١) لهذا الفصل الذى يعالج إستراتيجية العمليات : المدخل اليابانى .

١ – ١٠ – الإعداد لإدارة العمليات :

فى وقتنا الحاضر يتطور الاقتصاد وتتزايد الشركات وتتزايد معها المنافسة فى أنظمة الإنتاج والعمليات ، والأساليب والطرق ، والمنتجات والخدمات . وفى ظل هذا

التطور تتزايد أهمية وظيفة إدارة العمليات ، و يتوسع الطلب على مديرى العمليات فى الشركات المختلفة بعد أن أصبحت إدارة العمليات منذ عقود مجالاً متخصصًا للتعليم والتدريب و مسارًا مهنيًا محترفًا يتطلب إعدادًا منهجيًا ، و مراحل متدرجة من الممارسة والخبرة فى مجال العمليات الذى أصبح يمثل مصدرًا مهمًا من مصادر الميزة التنافسية فى الشركات الحديثة . وفى ظل المنافسة المتزايدة فى السوق ؛ فإن وظيفة العمليات لم تعد مجرد وظيفة يمكن شغلها دون توفر الاختصاص ومقومات ممارسة المهنة ، بل إنها أصبحت تتميز بكونها إحدى الوظائف الأساسية ذات العلاقة باستخدام وتحسين الموارد فى مجال العمليات ، الذى تُوظَّف فيه النسبة الأكبر من رأس مال الشركة فى الموقع والتنظيم الداخلى ونمط التكنولوجيا وأنظمة وأساليب الإنتاج .. إلخ ، كما أنها (أى وظيفة العمليات) تتسم بكونها العامل الأساسى من عوامل النجاح فى السوق من خلال المساهمة الكبيرة فى تحقيق أبعاد الأداء التنافسى المتمثلة فى التكلفة ، الجودة ، الاعتمادية ، والمرونة .

ولقد حققت الدول المتقدمة تطورًا ملحوظًا فى تحويل جوانب مما يدخل ضمن وظيفة العمليات إلى اختصاص علمى عالى التخصص ، ومهنة تمنح فيها شهادات من قبل جمعيات وطنية مهنية من أجل ممارسة المهنة . وأن الجمعية الأمريكية للرقابة على الإنتاج والمخزون (APICS) تمنح شهادة الممارسة فى إدارة المخزون ، كما أن الجمعية الأمريكية للرقابة على الجودة (ASQC) تقوم بامتحانات ؛ من أجل الحصول على شهادة الممارسة فى مجال الرقابة على الجودة ، وغيرها الكثير مما يدعم وظيفة العمليات سواء كتخصص علمى أو كمهنة .

وإذا كان هذا التطور قد تحقق فى الدول المتقدمة ؛ فلا زالت أقطارنا العربية تسير فى هذا الاتجاه ؛ من أجل تمكين وظيفة العمليات من استكمال مقومات المهنة بعد أن استكملت مقومات تعليمها كتخصص علمى إلى جانب التخصصات العلمية الأخرى . وإن شركاتنا العربية تتجه نحو إعطاء هذا التخصص دوره فى ممارسة وظيفة العمليات الإنتاجية والخدمية . ولا شك فى أن مدير العمليات مطلوب منه أن يكون ملمًا وقادرًا على ما يأتى :

١- فهم إستراتيجية العمليات فى اتجاهاتها الحديثة بوصف العمليات أحد مصادر الميزة التنافسية والمجال الذى يمكن استخدامه كسلاح تنافسى فى التفوق والتميز فى السوق .

٢- فهم الأساليب الكمية واستخدامها وتطبيقاتها فى مجال العمليات ؛ بما يحقق أفضل استخدام للموارد المتاحة فى إنتاج السلع وتقديم الخدمات .

٣- فهم التكنولوجيا وأنظمتها الحديثة فى العمليات ؛ حيث إن الخيار التكنولوجى خيار إستراتيجى ؛ لدوره طويل الأمد فى زيادة الإنتاجية وتحسين الجودة والاستجابة السريعة لحاجات السوق والزبون .

٤- القدرة على استخدام الحاسبة فى وظيفة العمليات ؛ بما يحقق أفضل استخدام للمعلومات فى صنع القرارات الإنتاجية ؛ وهذا ما يجعل مدير العمليات مهتمًا باستخدام وتطوير نظام المعلومات الإنتاجية (PIS) ونظام دعم القرار (DSS) .

الأسئلة :

١- اذكر اثنين من تصنيف عمليات الإنتاج والفرق بينهما .

٢- لقد تطور مصطلح إدارة الإنتاج إلى إدارة العمليات ، ماهى الأسباب الأساسية التى أدت إلى هذا التطور ؟

٣- قارن بين المداخل الآتية ، مبيناً عوامل القوة والضعف فى كل منها :

أ ـ مدخل الوظائف الإدارية .

ب ـ مدخل علم الإدارة .

ج ـ مدخل دورة الحياة .

٤- قارن بين مدخل علم الإدارة ومدخل القرارات مبيناً أوجه التكامل وأوجه الاختلاف .

٥- ماذا نعنى بمدخل النظم ، وما هى الأسباب التى أدت إليه (مزايا هذا المدخل) ؟

٦- ماذا نعنى بإستراتيجية العمليات ، ومن هم أبرز روادها ؟ وماهى الأسباب التى أدت إلى التأكيد عليها ؟

٧- كيف يمكن ربط إستراتيجية العمليات بالإستراتيجية الكلية للشركة ؟

٨- كيف تساهم إستراتيجية العمليات فى تحقيق إستراتيجية وحدة الأعمال ؟

٩- ماهى الخصائص الجديدة لإستراتيجية العمليات ؟

١٠- ماهى الاختلافات الأساسية بين الخدمة والمنتج ، وكيف يمكن أن تؤثر عدم القابلية على لمس الخدمة ، وعدم إمكانية خزنها على إدارة العمليات فى شركات الخدمات ؟

١١- ماذا نعنى بمصفوفة الخدمة ، وكيف يمكن الاستفادة منها ؟

١٢- تعتبر سلسلة الخدمة ـ الربح أحد الأساليب الأساسية فى رفع كفاءة وفاعلية عمليات الخدمة ، وضح كيف يتم تحقيق ذلك .

١٣- ماهى اتجاهات تطور إدارة العمليات فى الفترة الماضية ، وما هى اتجاهات التطور فى المستقبل ؟

المراجع :

أولاً - الكتب :

1- E.Adam, Jr. and R.J.Ebert, Production and Operations Management, Printice-Hall of India Private . New Delhi , 1993

2- E.S.Buffa and R.K.Sarin, Production / Operations Management,John Willy and Son, New York, 1987

3- R.B.Chase and N.J.Aquilano , Production and Operations Management , Richard D Irwin, Homewood Illinois, 1989

4- D.Del Mar, Operations and Industrial Management, McGraw Hill Book Co. New York. 1985.

5- J.B.Dilworth , Production and Operations Management , McGraw Hill Publishing Co. New York, 1989

6- J.R.Evans ,Applied Production and Operations Management , West Publishing Co. America. 1997

7- Ch.A.Gallagher and H.T.Watson, Quantitative Methods for Business System, McGraw Hill Book Co. New York. 1980

8- M.Hammer and J.Champy, Reengineering the Corporation A Manifesto for Business Revolution, Harper Collins, New York. 1993

9- J.Krajewski and B.Ritzman, Operations Management: Strategy and Analysis, Addison - Wesley Publishing Co. Reading Massachusetts, 1996 .

10- J.G.Monks, Operations Management: Theory and Problems, McGraw Hill Book Co. New York. 1987

11- R.G.Schroeder, Operations Management, McGraw Hill Book Co. New York. 1987

12- W.J.Stevenson , Production / Operations Managemet , Richard D. Irwin. Chicago. 1996

13- R.J.Tersine, Production and Operations Management North Hol land. 1980.

ثانيا - الدوريات :

1- H.L.Cypress , Reengineering , OR/MS Today , February 1994 .
2- G.Hall,et al, .: How to Make Reengineering Really work , HBR , Nov - Dec, 1993.
3- J.L.Heskett et al, Putting the Service - Profit Chain to Work, HBR March - April 1994. pp 164-74
4- R.F.Hurley and J.M.Laitanmaki; Total Quality Research, California Management Review. No. 1 fall 1995 pp59-78.
5- J.B.Quinn et al., Beyond Product: Services - Based Strategy. HBR. March-April 1990. pp 58-67 .
6- L.A.Schlesinger and J.L.Heskett, The Service Driven Service Company, HBR ,1991 Sep - Oct , 71-81 .

ثالثا - التقارير :

١- برنامج الأمم المتحدة ومركز دراسات الوحدة العربية : تقرير التنمية البشرية لعام ١٩٩٣ م ، بيروت ١٩٩٣ م ، جدول رقم (٥٣) ص ص (٢١٤ -٢١٥) .

ملحق الفصل الأول : إستراتيجية العمليات - المدخل اليابانى

١- المدخل .

٢- الخصائص الأساسية لإستراتيجية العمليات فى اليابان .

أولاً : وظيفة العمليات بمنظور إستراتيجى .

ثانيًا : نظام إنتاج الوقت المحدد .

ثالثًا : التحسينات الصغيرة والمستمرة .

رابعًا : اتساق أبعاد الأداء فى إستراتيجية العمليات .

خامسًا : من المحلى إلى العالمى .

سادسًا : النظرة طويلة الأمد .

سابعًا : الشركة الخلاقة للمعرفة .

ثامنًا : محاسبة الكلف بُعْدٌ آخر .

٣- الأسبقيات التنافسية .

المراجع .

١ - المدخل :

منذ بداية الثمانينيات والتجارب الصناعية المتقدمة (فى الولايات المتحدة وأوربا) لم تهدأ ، ولا زالت حتى الآن تبحث وتنقب عن الأسباب الجوهرية الكامنة والظاهرة فى التفوق اليابانى فى السوق الدولية وضمنه الأسواق الداخلية للولايات المتحدة ودول أوربا الغربية ؛ فاليابان هذا البلد الذى يتحمل كلفًا إضافية فى استيراد المواد الأولية والوقود ، وكلفًا إضافية فى نقل منتجاته النهائية لآلاف الأميال إلى الأسواق الأمريكية والأوربية - تظل أسعاره تنافسية ومنتجاته أكثر اجتذابًا للزبون من حيث الجودة المعولية والأداء ، كيف يمكن أن يتحقق هذا ؟

ولعل مما يزيد الحيرة والغرابة فى السؤال هو أن اليابانيين قبل ثلاثة عقود فقط كانت سلعهم تقابل بالازدراء فى الأسواق الغربية ، وكانت ميزتها الوحيدة لتغطية الجودة الرديئة تتمثل فى رخصها فى حين كانت المنتجات الغربية - رغم ارتفاع سعرها - تجذب الزبائن بجودتها . أما الآن فإن المنتجات اليابانية ليست رخيصة فقط فى الأسواق الغربية ، بل إنها تجذب الزبائن بالجودة المعولية والملائمة . ولتوضيح أبعاد هذه المقارنة ؛ نشير إلى ما أورده (هس E.A.Haas) فى صناعات السيارات الأمريكية التى يُستثمر فيها (٤٠) بليون دولار أى حوالى (٢٥٪) من الاستثمار القومى الأمريكى فى المعدات ، والتى تتسم بالتكنولوجيا الأحدث والأساليب والطرق الأكثر تطوراً فى الولايات المتحدة ؛ حيث يقول هس قبل (٦) سنوات كان اليابانيون ينتجون السيارات بأقل من (١٥٠٠) مقارنة بديترويت ، والآن الفرق أصبح (١٨٠٠) دولار ، والتفوق ليس فقط فى الكلفة ، بل إن السيارات الأمريكية تحتاج إلى ثلاث مرات تصليح فى السنة الأولى مقارنة بمثيلتها اليابانية . ولعل فى دراسة (سكوت B.R.Scott) ما يضع التحدى اليابانى فى دائرة القلق الأمريكى بحق ، فبعد أن يقرر أن الولايات المتحدة هى لليابان مثل البرازيل للولايات المتحدة ؛ يوضح أن الولايات المتحدة لا تصدر سوى (٢٥٪) من مجموع الصادرات آلات ومعدات ، بينما اليابان تصدر (٨٠٪) إلكترونيات ومعدات ذات فائض قيمة أكبر ، وأن اليابان صدّرت (٢٦) بليون دولار عام ١٩٨٧م إلى الولايات المتحدة مقابل (٥) بلايين هى الصادرات الأمريكية . كما يؤكد أن الولايات المتحدة وهولندا وهما البلدان اللذان ابتكرا الفيديو كاسيت لا تُصنع منه وحدة واحدة

فيهما ؛ لأن اليابان لا تُنافس فيه . وأن الولايات المتحدة التى ابتكرت أجهزة ذاكرة الحاسبة تحصل الآن على (١٩) وحدة من كل (٢٠) وحدة من رقائق الذاكرة مصنوعة فى اليابان .

وإزاء هذا كله كان لابد من البحث عن الأسباب ، ولابد من إرسال الوفود وتنظيم الزيارات الفردية والجماعية إلى اليابان كما فعلت جنرال موترز (GM) التى أرسلت أكثر من عشرين من المديرين الأساسيين فى زيارة دراسية إلى اليابان فى بداية الثمانينيات ؛ بحثًا عن كل ما يفسر الإخفاق الأمريكى والتفوق اليابانى . ولاشك فى أن الأفكار الأولى التى طرحت كانت متعجلة وبعيدة عن جوهريات التجربة اليابانية ؛ فالبعض كان يرى أن خلف التفوق اليابانى يكمن اللغز الشرقى (Oriental Puzzle) فى محاولة لتأكيد العوامل التى لا يمكن التبارى فيها ، أى العوامل الثقافية والبيئية وليس فى الأساليب والطرق والمفاهيم العامة . إلا أن (ويلرايت S.C.Wheelwright) بقدر ما ينكر هذا التفسير ويعزيه إلى الغموض واللبس الذى مارسته صحافة الأعمال ؛ فإنه يشير إلى حقيقة ما حققته الإدارة اليابانية داخل الولايات المتحدة ، ففى بداية السبعينيات اشترت شركة (Matsushita) اليابانية مصنع تجميع التلفزيونات الأمريكى فى فرانكلين بارك الذى كان يعانى من إنتاجية منخفضة وجودة رديئة (أكثر من ١٥٠ عيبًا لكل ١٠٠ مجموعة) وخلال ثلاث سنوات من شرائه زادت الإنتاجية (٣٠٪) ، وانخفضت العيوب إلى أقل من (٤) فى كل (١٠٠) مجموعة ، وهذا يعنى أن المفاهيم والخبرة اليابانية قابلة للنقل على الأقل من قبل اليابانيين إلى دول أخرى .

ومنذ بداية الثمانينيات تزايد التأكيد على أنه ليس ثمة سر غامض خلف الأكمة ، وإنما هناك مفاهيم وأساليب جديدة تساهم فى خلق الأبعاد المتميزة فى التجربة اليابانية . هذه الأبعاد - التى لازال اليابانيون أنفسهم أفضل من يمارسونها بكفاءة عالية - تكمن فى إستراتيجية العمليات (التصنيع) ؛ حيث إن إدارة العمليات هى المسؤولة عن إستراتيجية العمليات كإستراتيجية وظيفية يمكن أن تكون مركز الثقل والقوة الدافعة فى إستراتيجية وحدة الأعمال ، وفى هذه الرؤية يكمن التفوق اليابانى فى كسب الميزة التنافسية الأكثر كفاءة والأطول مدى خلافًا للمفاهيم التى تجعل وظيفة العمليات فى مرتبة أدنى من الوظائف الأخرى وبدون دور إستراتيجى وأهمية إستراتيجية ، وهذه

المفاهيم تخضع فى السنوات الأخيرة الماضية لمراجعة جذرية عميقة ، بعد أن كشفت التجربة اليابانية عن أبعاد وخصائص فى ممارسة هذه الإستراتيجية أكسبتها عناصر تفوق قوية وطويلة الأمد ، وهذا ما سنعرض له فى الفقرة التالية .

٢- الخصائص الأساسية لإستراتيجية العمليات فى اليابان :

لقد كشفت الدراسات الكثيرة التى أجريت حول الشركات اليابانية حقيقة أن وظيفة العمليات التى كانت تمارس وفق رؤية إستراتيجية عميقة وفعالة ، هى المصدر الأساسى للنجاح الكبير الذى حققته هذه الشركات فى الأسواق العالمية ؛ فلقد استطاع اليابانيون أن يحققوا الاستخدام الأكثر كفاءة لإستراتيجية العمليات فى إيجاد واستمرار الميزة التنافسية فى هذه الأسواق . وهذا ما أشار إليه (دركر P.F.Drucker) فى دراسته (بزوغ نظرية التصنيع) والتى أكد فيها أيضًا على أن شركات تويوتا هوندا ونيسان تنتج ضعفين أو ثلاثة أضعاف من السيارات أكثر مما ينتجه الأمريكيون والأوربيون ، وبدون الاستمرار فى سرد المزيد من البيانات والمؤشرات الإضافية الدالة على حقيقة النجاح اليابانى ، سنحاول فى الفقرات الآتية أن نتناول بشىء من التفصيل الخصائص الأساسية لإستراتيجية العمليات اليابانية ، ومن ثم نتناول فى فقرة منفصلة تقييم الإمكانات المتاحة لمحاكاة هذه التجربة من خلال الفصل الموضوعى مابين العام فى المفاهيم القابلة للتطبيق فى بيئات أخرى والخاص اليابانى .

أولاً : وظيفة العمليات بمنظور إستراتيجى :

إذا كان الأكاديميون فى الولايات المتحدة هم أول من تنبه إلى الأهمية الكبيرة لوظيفة العمليات ودورها فى إيجاد واستمرار الميزة التنافسية ؛ فإن المديرين اليابانيين فى مصانعهم وخطوط إنتاجهم هم أول من مارس وطبّق بكفاءة وفاعلية وظيفة العمليات وفق أهداف ورؤية إستراتيجية ، ولعل هذه الرؤية الإستراتيجية هى التى تميز اليابانيين ، فالبعض من الذين زاروا المصانع اليابانية كانوا يرون أن الكثير من الأساليب والطرق

المتبعة ليست غريبة عليهم ، ولكن المخرجات اليابانية منها كانت أفضل ، أى كما عبّر عنه أحدهم أن الأدوات والأساليب المستخدمة هى نفسها إلا أن الطبخ هنا أفضل .

وهذا يعود إلى أن اليابانيين ينظرون لعملياتهم ليس بمنظور الكفاءة التشغيلية فحسب ، وإنما أيضًا بمنظور إستراتيجى يرتبط ارتباطًا قويًا بإيجاد واستمرار الميزة التنافسية ، والواقع أن القدرات الكبيرة المتاحة والمستخدمة فى وظيفة العمليات قد خضعت للاستخدام الأقصى فى اليابان وفق شعارهم المعروف (متابعة آخر حبة قمح فى الصندوق) ، ولعل ما يميز اليابانيين فى هذا هو القدرة على ربط الإدارة اليومية للعمليات بشكل فعّال بالإدارة الإستراتيجية ، بعد أن استطاعوا أن يدركوا بجلاء أن وظيفة العمليات قادرة بكفاءة وفاعلية على تحقيق الميزة التنافسية وذلك للأسباب الآتية :

أ- أن وظيفة العمليات تمثل الاستثمار الرأسمالى الأكبر فى الأرض والبناء (الموقع) والتنظيم الداخلى وحجم المصنع وعدد الآلات (السعة الثابتة) ، كما أن الموارد المستثمرة فى عوامل أخرى كالمخزون وقوة العمل والمواد بكميات كبيرة - تجعل من العمليات بحق مركز الثقل والقوة الدافعة فى النجاح والتفوق . والواقع أن اليابانيين قد تعاملوا مع الاستثمار الكبير فى العمليات على أساسيين متكاملين ، الأول : يقوم على إبراز العمليات بما يتلاءم مع القدرات الكبيرة المستخدمة فيها ، والثانى : يقوم على أن الاستثمار الكبير فى مصانع ضخمة بقدر ما ينشئ كلفًا غاطسة كبيرة (Big Sunk Costs) ؛ فإنها تفقدهم القدرة على الحركة السريعة والاستجابة الرشيقة للتغيرات فى السوق والتكنولوجيا ؛ لهذا فإنهم يميلون للتصنيع المتكرر (Repetitive M.) فى مصانع متوسطة ، وبلغة (دركر P.E. Drucker) فإن أسطولاً صغيرًا مكونًا من مركبات ذات استقلالية وذات توازن خاص بها كنموذج لمصنع أواخر القرن العشرين - أكثر كفاءة وقدرة على تحقيق الأهداف من البارجة كنموذج لمصنع اليوم .

ب- إن العمليات أكثر ارتباطًا بالتطور التكنولوجى ؛ وذلك لأنها هى الميدان الأكثر تطبيقًا للابتكارات ونتائج البحث والتطوير (R and D) ، وبالتالى فإن التكنولوجيا بوصفها العامل الأكثر تأثيرًا فى تطور السلع والخدمات لابد من أن تمر من خلال العمليات ، وهذا ما استطاع اليابانيون توظيفه بكفاءة عالية كما سنوضح ذلك بعد قليل .

جـ- إن العمليات تمثل المصدر الأكثر حيوية وتنوعًا في إيجاد واستمرار الميزة التنافسية ؛ إذا ما تمت إدارتها إدارةً إستراتيجية لا تتقيد بالحدود الضيقة التي تفرضها الإستراتيجية عادة ، وإدارة تشغيلية لا تفقد أغراضها الإستراتيجية . وهذا ما استطاع اليابانيون تحقيق التوازن الفعال بينهما . ولقد قدمت الدراسات الكثيرة التي تناولت التجربة اليابانية نماذج لا حصر لها عن هذا التوازن في توظيف إدارة العمليات اليومية وفق منظور إستراتيجي ؛ من أجل مساهمتها في إيجاد واستمرار الميزة التنافسية ؛ فمتابعة التلف ليس كنسبة مئوية ، وإنما كأجزاء بالمليون وصولاً إلى التلف الصفري ، وخفض المخزون كمصدر للشرور وصولاً إلى المخزون الصفري ، وإزالة قانون مورفي ، حيث لا خطأ يمكن أن يستمر في الظهور مرتين ، والقائمة تطول بالأنشطة والأعمال اليومية الكبيرة والصغيرة ، وكلها تساهم في الميزة التنافسية التي تسعى إستراتيجية العمليات في تحقيقها .

أما على صعيد التمييز بين القرارات الإستراتيجية التشغيلية ؛ فقد لاحظ (ولرايت) وجود فوارق مهمة ما بين الرؤية اليابانية لسياسة العمليات الإستراتيجية عن الرؤية التقليدية في الشركات الأمريكية ؛ حيث إن الرؤية اليابانية توسع القرارات الإستراتيجية المتعلقة بوظيفة العمليات مقارنة بالرؤية التقليدية التي تقلصها بشكل كبير والجدول رقم (١) يوضح ذلك .

هكذا تتضح فوارق أساسية في الرؤيتين ، فبينما الشركات الأمريكية والأوربية ولعقود طويلة تعالج وظيفة العمليات من خلال الإدارة التشغيلية ؛ مما يفرغها من كل دور إستراتيجي - كانت الشركات اليابانية تقدم رؤية جديدة تتمثل في رؤية إدارة الصمولة والمسمار الملولب كفهم إستراتيجي . ومثل هذا الفهم بقدر ما يعطي وظيفة العمليات دوراً إستراتيجيًا بدلاً من الدور التنفيذي - الثانوي فإنه يوفر للشركات في المدى الطويل أهم مصادر القوة وعوامل إنشاء الميزة التنافسية ، وهذا ما يزداد الاعتراف به من قبل المختصين والممارسين لوظيفة العمليات على حد سواء .

الجدول رقم (١) : قرارات العمليات التى تصنف وتعتبر إستراتيجية

رؤية سياسة العمليات الإستراتيجية فى الشركات اليابانية	الرؤية التقليدية فى الشركات الأمريكية
الإستراتيجى : - السعة . -التسهيلات . -التكامل العمودى . - عمليات الإنتاج . - الجودة . - قوة العمل . - التخطيط والرقابة على الإنتاج .	الإستراتيجى : - السعة . -التسهيلات . -التكامل العمودى . - عمليات الإنتاج .
التشغيلى (العملياتى) : - التنفيذ للتكتيكات التشغيلية المساندة .	التشغيلى (العملياتى) : - قوة العمل . - الجودة . - التخطيط والرقابة على الإنتاج . - التنفيذ للتكتيكات التشغيلية المساندة .

ثانيا : نظام إنتاج الوقت المحدد :

إن نظام إنتاج الوقت المحدد نظام يابانى ، ويعزى إليه الكثير من أسباب وعوامل التفوق فى التجربة اليابانية . وبسبب مزايا هذا النظام ؛ فقد سعت الشركات الأمريكية والأوربية إلى تطبيقه ، إلا أن الشركات اليابانية لازالت هى أفضل من يطبقه ويحقق المزايا الكبيرة منه ؛ ليكون سلاحًا تنافسيًا عظيمًا بعد أن أظهر قدرة فائقة فى التأثير على أبعاد الأداء الإستراتيجى : الكلفة ، الجودة ، المرونة ، والاعتمادية بوصفه رؤية شاملة ومتكاملة لنظام الإنتاج بمعناه الواسع بدءًا من الموردين والعمليات التحويلية والمخزون العاملين ، وصولاً إلى المنتجات النهائية والزبون الذى يمثل طلبه دالة الإنتاج فى هذا النظام .

ومن دراسة هذا النظام نجد أنه يمثل فلسفة فعّالة لإزالة أشكال الهدر المختلفة ؛ مما يجعل من هذا النظام رؤية شاملة من أجل التميز والتفوق فى النظام الإنتاجى فى مختلف جوانبه وطرقه وعلاقاته . ولقد حددنا (١٥) عنصراً مكوناً لهذا النظام فى الفصل العاشر . ومن الواضح أن هذا النظام يمثل قلب وظيفة العمليات فى الشركات الصناعية اليابانية ومصدراً قوياً لإيجاد وتجديد الميزة التنافسية ؛ لهذا نجد أن (روبرت فوكس R.Fox) عند حديثه عن تكنولوجيا الإنتاج المثلى ورمزه (OPT) اعتبره إجابة من أجل أمريكا ، على اعتبار أن الميزة التنافسية التى يحققها نظام (JIT) يمكن مواجهتها بالمزايا التى يحققها نظام (OPT) .

والمثال الذى تقدمه شركة أومارك (Omark) الأمريكية عند تنفيذ نظام (JIT) يوضح التأثير التنافسى لهذا النظام فى وظيفة العمليات ، فبعد سنة من تطبيق النظام تم خفض المخزون بنسبة (٥٠٪) ، وتخفيض المواد تحت التشغيل (٥٠٪) ، وكلفة الصنع (٦٪) ، والثلث فى الحيز الأرضى للمصنع أى حوالى (١٠٠) ألف قدم . وكانت المحصلة هى أن (أومارك) استثمرت فى تطبيق النظام (٢٠٠) ألف دولار فى حين كانت عوائدها فى السنة الأولى اقتصاداً فى كلف الاحتفاظ بالمخزون فقط مقداره (٧) ملايين دولار .

ثالثا : التحسينات الصغيرة والمستمرة :

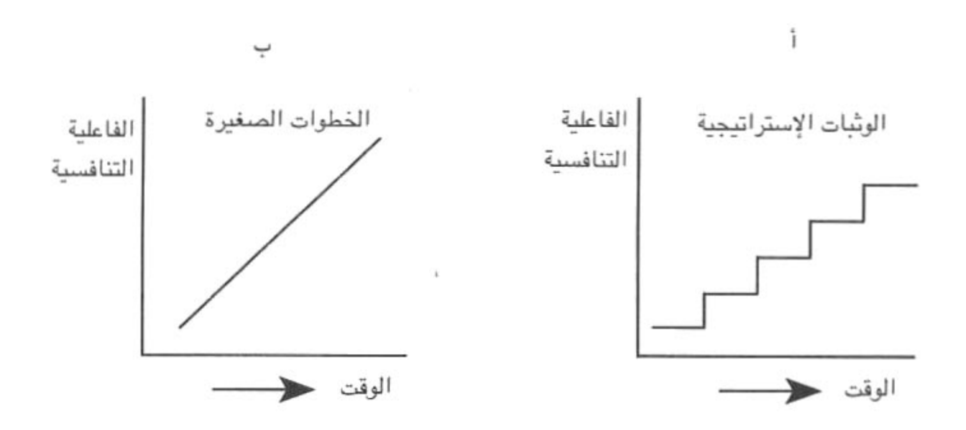
إن إدارة العمليات فى الشركات اليابانية تجد فى التحسنيات الصغيرة والمستمرة أداةً فعّالة فى تحقيق التفوق الإستراتيجى ، والدرس اليابانى فى هذا المجال يشير إلى أن هذا التفوق ليس بالضرورة نتاج الوثبات الإستراتيجية فى فترات متباعدة بتدخل الإدارة العليا ، وإنما هو حصيلة أنشطة تطويرية صغيرة متراكمة مقدمة من الأدنى لإيجاد الميزة التنافسية فى المدى البعيد فى كلفة أقل ، جودة أفضل ، وتوريد أسرع ... إلخ .

ولتوضيح ذلك نشير إلى أن رواد الإدارة العلمية فى بداية هذا القرن دعوا إلى تقسيم العمل إلى عمليات صغيرة وروتينية تمكّن من تحسين الإنتاجية ؛ لأن العمال

غير *الماهرين* بهذا *التقسيم* يتمكنون من *الإنتاج* بسرعة وكفاءة *أعلى* من *الحرفى* . *وهذا* كان يمثل المنافسة على أساس الكلفة أو السعر الأدنى . ولكن اليابانيين رفعوا هذا المبدأ وبتفاصيل وانضباط أكبر ؛ فالمديرون اليابانيون حللوا عملية الإنتاج بدقة متناهية ، وقسمّوا العمل إلى حركات بأجزاء المليون من الثانية ، ووصلوا إلى السماح بالميكرون (جزء من الألف من المليمتر) ، وهذه الفكرة ببساطة تجعل كل شىء مدروسًا وبالتفصيل ، وكل شىء مهما كان صغيرًا فهو مصدر للتحسين . وقد قاد هذا الاهتمام بالتفاصيل إلى أسس مهمة فى نظام الوقت المحدد (Just-In-Time) والإنتاج المؤتمت .

وإذا ما استخدمنا التمثيل الذى أورده (هايس R.H.Hayes) ، وكما هو واضح فى الشكل (٢-أ) فإن التقدم فى المنافسة يتم بطريقة الوثبات الإستراتيجية المتباعدة ، أما فى الشكل (٢-ب) فإن التقدم يكون بخطوات صغيرة فى التحسنيات ، والسؤال : أى الأسلوبين هو الأفضل ؟

الشكل رقم (٢) : التقدم فى المنافسة



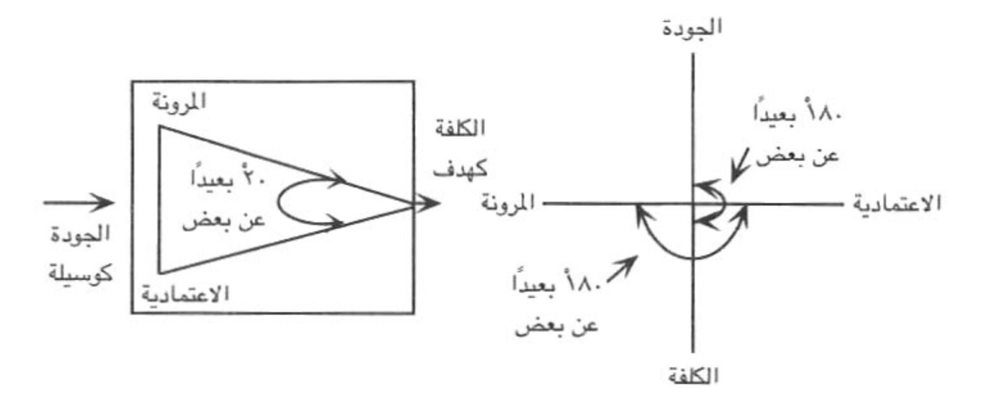
رغم أن كليهما قد يصلان إلى نفس النقطة فى التقدم ، إلا أن الوثبات الإستراتيجية تتطلب نفقات كبيرة ومخاطر عالية ، وتتطلب كما يقول هايس (أناساً محظوظين) مع فهم محدود للتفاصيل وخبرة أقل فيها . أما الخطوات الصغيرة فإنها تتطلب موارد أقل ، ولكن تستلزم خبرة فى مستويات أدنى وتحسنيات مستمرة وطويلة الأمد ، وهذا ما يبرز فى التجربة اليابانية مقابل إدارة الوثبات الإستراتيجية فى التجربة الأمريكية وإليها يعزى (هايس) الإخفاقات المهمة فى مجال العمليات .

لاحظ (هايس) مبكراً ومن خلال الزيارات الميدانية للمصانع اليابانية : أن اليابانيين حققوا المستوى الراهن من التصنيع الممتاز من خلال عمل أشياء بسيطة بشكل جيد ومن الأدنى ، وهذا هو مضمون المثل اليابانى : «أن المسمار الذى ينتئ من الأعلى يتم دقه من الأسفل» وهذا ما جعل اليابانيين بحق خبراء المستوى الجزئى وينتقلون بكفاءة إلى الميزة التنافسية على المستوى الكلى .

رابعا : اتساق أبعاد الأداء فى إستراتيجية العمليات :

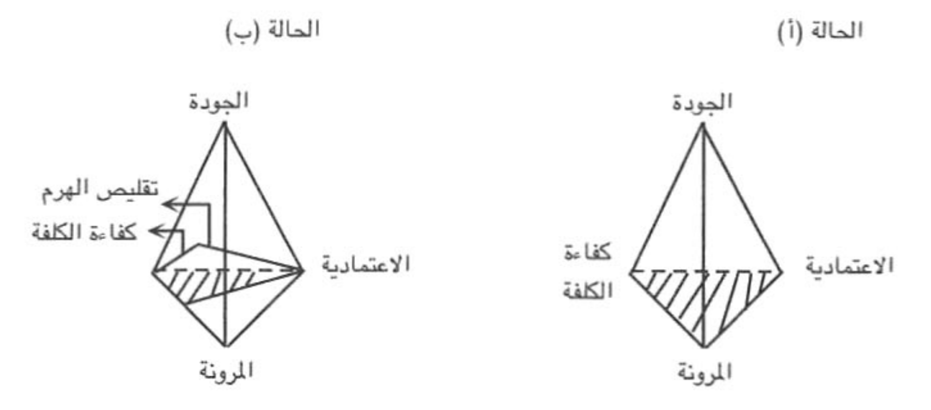
إن النظرة التقليدية لأبعاد الأداء (الكلفة ، الجودة ، الاعتمادية ، والمرونة) تقوم على وجود نمط من المبادلات الذى يجب أن تخضع له وظيفة العمليات ؛ فهذه الأبعاد متنافسة ومتعارضة ، وأن التقدم نحو الكلفة (كلفة أدنى) سيكون ابتعاداً عن الجودة ، وكذلك الاقتراب من الاعتمادية (نمطية أعلى) سيكون ابتعاداً عن المرونة (تنوع أكبر) ، إلا أن اليابانيين وفق نظرتهم الجديدة لا يجدون مبرراً منطقياً لهذه الخيارات أو المبادلات الزائفة . إن الشكل رقم (٣-أ) يوضح الرؤية التقليدية التى تكشف الاقتراب من أحد الأبعاد سيعنى ابتعاداً عن بعد آخر ، فى حين أن الرؤية اليابانية تكشف عن معالجة أكثر اتساقاً وتقارباً فى الأبعاد ؛ لأن الجودة (بدون تلف أو بمواصفات أعلى) ستجعل الكلفة أقل ، كما أن المرونة فى حدود معينة (كما فى تكنولوجيا المجاميع GT) تحافظ على الاعتمادية بدرجة عالية .

الشكل رقم (٣) : أبعاد الأداء



يعبر عن ذلك (ديلورث J.B.Dilworth) من خلال شكل الهرم مؤكداً فى الحالة (أ) أن الشركات يمكن أن تقصر أحد أضلاع الهرم التى تمثل أبعاد الأداء فى إستراتيجية العمليات ، أما فى الحالة (ب) فإنه يمثل سعى اليابانيين لتحقيق كل الأبعاد من خلال تقليص أو تصغير الهرم كله بما يقرب الأبعاد من بعضها (انظر الشكل رقم ٤) .

الشكل رقم (٤) : الأبعاد الأربعة فى حالتين

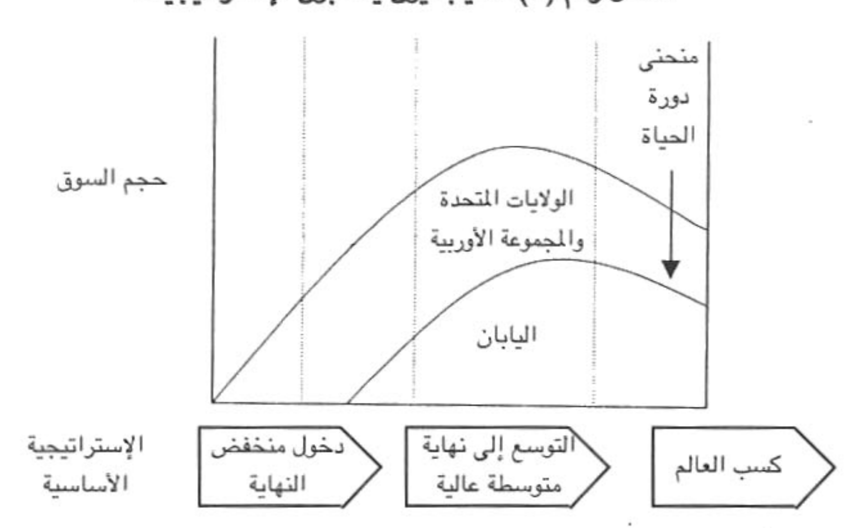


خامسا : من المحلي إلى العالمي :

إن الخبرة العميقة في إدارة العمليات تكشف عن أبعاد مهمة في أنماط الإنتاج كالإنتاج حسب الطلب ، والإنتاج حسب الوجبة ، والإنتاج الواسع ، ومن ثم المستمر ، وهذه الأنماط تتدرج بالعلاقة مع بعدين أساسيين : الحجم أي اقتصاديات الحجم ، والتنوع في المنتجات أي اقتصاديات النطاق ، وهذا المصطلح الأخير قدمه (جولدهار J.Goldhar) عام ١٩٨٣م مشيراً إلى أن من الأكفأ أن تنتج نفس المعدات مجموعة متنوعة من المنتجات .

وإذا ما نظرنا إلى دورة حياة المنتوج نجد أن مراحل هذه الدورة تتبع هذه الأنماط جميعاً ، وهذا لم يعد جديداً في خبرة إدارة العمليات ، إلا أن ما أضافه اليابانيون في استخدام هذه الدورة يتمثل في جانبين : الأول يتعلق بتقليص دورة حياة المنتوج بمرحلة إدخال ذات نهاية منخفضة ونمو أسرع ؛ وصولاً إلى نهاية متوسطة أو عالية أسرع أيضًا ؛ بما يقلص دورة حياة المنتوج كلها ، وهذا ينسجم مع عصر التنوع في السوق ، وما يتطلبه من تقليص دورة المنتوج والشكل رقم (٥) يوضح ذلك ، والجانب الثاني : يتمثل فيما نسميه بالدورة الجغرافية للانتقال من المحلي (السوق الداخلية) إلى الإقليمية (السوق الآسيوية) وهذا ما يغطي مرحلتي الإدخال والنمو (القصيرتين) ، ومن ثم إلى الأسواق العالمية (وبشكل خاص في الأسواق الأمريكية والأوربية التي تمثل مجالات المنافسة المتقدمة) ، ويتم ذلك في مرحلة النضوج ؛ حيث المنتوج وخصائصه الفنية والوظيفية ، ومن حيث الكلفة والاعتمادية والجودة في الدورة ، والشكل رقم (٦) يوضح هذه الدورة .

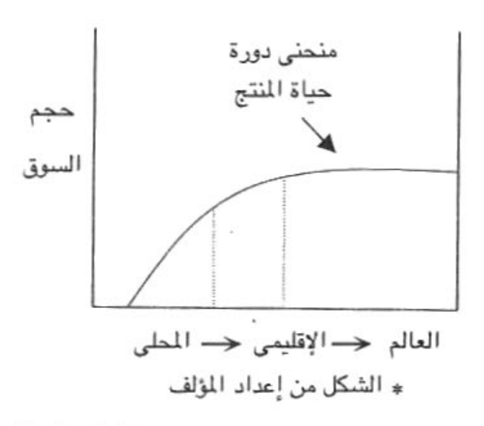
الشكل رقم (٥) : اليابانيون يكسبون الإستراتيجيات



المرحلة الأخيرة : علامة تجارية قوية ، لاسعر تنافسى ، الإنتاج عبر البحار ، استمرار الابتكار .

انظر : K.Ohmae, The Mind of The Strategist, McGraw-Hill Co.N.Y. 1982. PP112-3.

الشكل رقم (٦) : من المحلى إلى العالمى (الدورة الجغرافية)



* الشكل من إعداد المؤلف

- إن دورة حياة المنتج دورة تصميم ، تصنيع ، تسويق ، وإعادة ابتكار لإطالة الدورة ، وهذه تتطور مع تطور حجم السوق وهذا ما يعيه اليابانيون جيداً .

سادسا : النظرة طويلة الأمد :

اليابانيون يعملون من أجل التفوق فى المدى البعيد ؛ لهذا فإنهم يديرون شركاتهم بنظرة طويلة الأمد ، كما يهتمون باستثماراتهم الطويلة الأمد وبعلاقات مدى الحياة بعمالهم ومورديهم وزبائنهم ، والصورة التى يطرحها (بنيامين تريجو B.Tregoe) توضح جانبًا مهمًا من هذه النظرة من خلال عائد الاستثمار (ROI) ؛ حيث إن هذا العائد يساوى الربح (البسط) على الموارد المستثمرة (المقام) ، فبينما الشركات الأمريكية وفق نظرة قصيرة الأمد تركز على (البسط) ، أى زيادة الربح كمؤشر أساسى فى أدائها ؛ فإننا نجد أن اليابانيين يجددون آلاتهم بطريقة أفضل (من خلال هذه الاستثمارات) بما يحقق زيادة الإنتاجية وتحسين الجودة وبالتالى أقصى الربح . وهذا يفسر حقيقة أن متوسط عمر المصانع والمعدات اليابانية هو نصف نظيره فى الولايات المتحدة التى يبلغ المتوسط فيها (٢٠) سنة .

ولعل مما يفسر هذا الاتجاه اليابانى هو أن حملة الأسهم الأساسيين للشركات اليابانية ليسوا هم الأفراد الذين يعنيهم العائد السريع على استثمارهم ، وإنما هم شركات أخرى ؛ حيث إن الأفراد يحتفظون بأقل من (١٠٪) من الأسهم فى (٩٧٪) من الشركات المصنفة على القسم الأول لبورصة طوكيو ، والذى يتكون من (١٠٠٥) من كبرى الشركات اليابانية ، وكما يشير (A.Weiss) فإن المصرف الذى يملك أسهمًا فى إحدى الشركات التى هى من زبائنه قد يفضل أن يرى الشركة – الزبون تتوسع فى شراء معدات أكثر وزيادة قرضها من المصرف بدلاً من توظيف عمال أكثر حتى إذا كان النشاط الأخير أكثر ربحية للشركة . والواقع أن هذا الميل إلى تجديد الآلات بسرعة أكبر من المنافسين جعل اليابانيين أكثر تبنيًا للتكنولوجيا الجديدة وأنظمة الإنتاج الحديثة ، وفى مقدمتها التصنيع المتكامل بالحاسبة (CIM) الذى يراه البعض مع نظام الوقت المحدد (JIT) ورقابة الجودة الشاملة (TQC) – أسلحة للاختيار الإستراتيجى .

وهناك الاستخدام مدى الحياة : حيث يوجد حوالى (٣٠٪) من العاملين فى الشركات اليابانية يخضعون لهذا الأسلوب فى الاستخدام . وهذا بقدر ما يضمن الولاء الطويل الأمد لدى العاملين ، فإنه يتيح فرصة مهمة لأسلوب التدريب مدى الحياة ، كما

أنه من جهة أخرى يوجد ما أسماه (دركر) "روح المصنع اليابانى" ، وكذلك ما يجعل المصانع اليابانية أقل عرضة لمقاومة التغيير . ولاشك فى أن الاستخدام مدى الحياة ينسجم مع الدور الإستراتيجى لوظيفة العمليات حيث العمال فى خطوط الإنتاج الساخنة هم خبراء الكفاءة كمصدر إضافى للخبرة والتطوير والابتكار . واليابانيون يستخدمون مصدات مهمة لمواجهة الكلفة التى يتحملونها جراء الاستخدام مدى الحياة ، المصدر الأول يتمثل فى تدوير العمال وتدريبهم على المهارات المتعددة ؛ بما يسهل إلغاء الأعمال الزائدة عند إدخال الأنظمة والتكنولوجيا الحديثة ، والمصدر الثانى : العمال المؤقتون وهم المكوِّن الحاسم فى الجدوى التشغيلية لأسلوب الاستخدام مدى الحياة ؛ لأنهم آخر المستخدمين و أول المطرودين ، والمصدر الثالث تمثله المرأة التى يتم الاستغناء عنها فى فترة الكساد ؛ من أجل حماية الاستقرار الوظيفى للرجال .

كما أن اليابانيين يعملون على تطوير علاقات طويلة الأمد مع الموردين ، وتعد مثل هذه العلاقات من العناصر الأساسية فى نظام الوقت المحدد (JIT) ؛ لهذا فإن الشركات تقدم المساعدات المالية والفنية للموردين ؛ من أجل ضمان علاقة مستقرة طويلة الأمد . كما أن اليابانيين يولون أهمية للعلاقة بالزبون ، ولعل هذا يفسر جانبين مهمين فى إستراتيجية العمليات فى اليابان الأول : الميل إلى التكامل العمودى القوى إلى الأمام باتجاه قنوات التوزيع ، وهم فى هذا يتفوقون على الشركات الأمريكية والأوربية الذين يهتمون بالتكامل العمودى إلى الخلف ، والثانى : أن القرب من الزبون يساعد على فهم حاجاته وقيمه ؛ من أجل تصنيع أفضل للمنتجات الموجهة لتلك الحاجات ، وهذا الأخير بحد ذاته يمثل مجالاً فعالاً بالنسبة لليابانيين لإيجاد الميزة التنافسية من خلال المرونة (التنوع) فى التصنيع . ولقد قدم (ستالك G.Stalk ,JR) مقارنة مهمة ؛ حيث أشار إلى أن الشركات الأمريكية تتبنى إستراتيجية تقوم على الحجم والتركيز فهى قد تنتج (١٠) ملايين سيارة تقدم منها (١١) نوعًا فى مقابل الشركات اليابانية التى هى أصغر وأقل تركيزًا ، فتنتج (٣,٥) مليون سيارة من (٣٥) نوعًا من المنتجات النهائية ، أى الثلث فى الحجم وثلاث مرات فى تنوع المنتوج .

وأخيراً فإن النظرة طويلة الأمد تظهر قوية وفعالة فى الاستثمار فى البحث والتطوير(R& D) . ولقد أشار (سكوت B.R.Scott) فى تفسير الفاعلية اليابانية إلى

أن الولايات المتحدة تراجعت فى (١٦) فئة من فئات البحث والتطوير مقابل تراجع اليابان فى ثلاث منها فقط . وهذا فى رأى (سكوت) يفسر صادرات اليابان إلى الولايات المتحدة المتمثلة فى السلع الصناعية والإلكترونيات كقطاع يحقق أكبر فائض قيمة مقابل الصادرات الأمريكية التى تتمثل بالأرز والقمح والفواكه والحديد والفحم والألمنيوم (كمواد أولية) .

سابعا : الشركة الخلاقة للمعرفة :

فى عالم الأعمال حيث المؤكد هو فقط عدم التأكد ؛ فإن المورد المؤكد الوحيد للميزة التنافسية هو المعرفة ، فعندما تتحول الأسواق وتتطور التكنولوجيا والمنافسون يتضاعفون والمنتجات تصبح متقادمة بين ليلة وضحاها - فإن الشركة الناجحة هى تلك التى تنشئ بشكل منسق المعرفة الجديدة ، وتجسدها بسرعة فى تكنولوجيا ومنتجات جديدة . إن هذه الأنشطة هى التى تحدد الشركة الخلاقة للمعرفة الشركة التى عملها الرئيسى هو الابتكار المستمر .

وكما يقول (إيكوجيرونوناكا I.Nonaka) إن الجميع يتحدث عن القوة الدماغية (Brainpower) ورأس المال الذكائى ، والقليل من المديرين يدرك الطبيعة الحقيقية للشركة الخلاقة للمعرفة ناهيك عن معرفة كيفية إدارتها ، ففى تقاليد الإدارة الغربية من (فردريك تايلور F.W.Taylor) وحتى (هربرت سايمون H.Simon) ؛ فإن المتأصل العميق هو رؤية المنظمة كآلة لمعالجة المعلومات . وحسب هذه الرؤية التقليدية فإن المعرفة المفيدة هى فقط البيانات الرسمية النظامية والصلبة التى تقرأ كميًا والطرق المرمزة والمبادئ العامة ، وإن المصفوفة الرئيسية لقياس قيمة المعرفة الجديدة هى بنفس الشاكلة تعتمد على عوامل كمية صلبة مثل : زيادة الكفاءة ، الكلفة الأقل ، وتحسين عائد الاستثمار. وفى المقابل هناك طريقة أخرى للتفكير حول المعرفة ودورها فى منظمات الأعمال ، وهى موجودة فى أغلب الشركات اليابانية مثل هوندا وميتسوبيشى و (NEC) وشارب وكاو(Kao) ، وهذه الشركات أصبحت معروفة بقدرتها على الاستجابة السريعة والملائمة للزبائن ، وإيجاد الأسواق الجديدة وسرعة تطوير المنتجات الجديدة والسيطرة على التكنولوجيا الأحدث ، وأن سر نجاحها هو مدخلها الفريد إلى إدارة إنشاء المعرفة الجديدة .

إن النقطة المركزية فى المدخل اليابانى هى أن إيجاد المعرفة الجديدة ليس ببساطة مادة لمعالجة المعلومات الموضوعية ، بل إنها تعتمد على الفهم الداخلى (الباطنى) وأكثر الأحيان وبدرجة عالية على رؤى ذاتية حدسية للعاملين ، والأهم هو جعل تلك الرؤى متاحة للاختبار والاستخدام من قبل الشركة كلها . والمفتاح الأساسى لهذه العملية هو الالتزام الشخصى وحس العاملين بالهوية والانتماء للشركة ورسالتها . وهذا يفسر لماذا لا يعد ابتكار المعرفة الجديدة فى الشركة الخلاقة للمعرفة نشاطًا متخصصًا لإدارة البحث والتطوير أو التسويق أو التخطيط الإستراتيجى ، وإنما هو طريقة سلوك وأسلوب حياة وكل واحد فيها هو عامل معرفة أو قل إنه منظم .

ولتوضيح أبعاد هذه المفاهيم فى الممارسة نشير إلى بعض الأمثلة . ففى عام ١٩٨٥م كان مطورو المنتوج فى شركة (ماتسوشتيا) قد عملوا بدأب على آلة صنع الخبز المنزلى ، ولكنهم واجهوا مشكلات فى الوصول إلى الآلة التى تعمل الخبز بشكل صحيح ، فرغم جهودهم فإن قشرة الرغيف كانت مطبوخة أكثر ، أما داخل الرغيف فلم يكن مطبوخًا بشكل جيد ، وقد استنفد العمال جهودهم فى تحسين الرغيف فى آلتهم باستخدام أشعة (x) وبخبّازين محترفين دون الحصول على نتائج ذات قيمة ، وأخيراً فإن مطورة البرمجيات (تاناكا I.Tanaka) اقترحت حلاً خلاقًا هو أن فندق أوساكا الدولى ذا سمعة طيبة فى صنع أفضل الأرغفة ، فلما لا يستخدم كنموذج ؟ وبدأت (تاناكا) نفسها التدريب مع الخباز الرئيسى فى الفندق ، ودرست أسلوبه فى العجن ، ولاحظت أن لديه طريقة متميزة فى مد العجينة ، وبعد سنة من المحاولة والخطأ والعمل بالقرب من مهندسى المشروع جاءت (تاناكا) بمواصفات المنتوج مع إضافة دعامات جديدة فى الآلة التى تعيد الإنتاج بنجاح بأسلوب الخباز الرئيسى ؛ فكانت النتيجة هى : طريقة العجينة الثنائية الفريدة لماتسوشيتا . إن ابتكار (تاناكا) يتمثل فى نقل الخبرة الضمنية (للخباز الرئيسى) المتجذرة بعمق فى النشاط وفى التزام الفرد فى سياق خاص من المهنة أو الحرفة والتى هى صعبة الصناعة والتوصيل إلى الآخرين ، وتحويلها إلى معرفة صريحة قابلة للفهم والاستخدام من قبل العاملين فى الشركة ؛ لتكون فيما بعد جزءًا من المعرفة الضمنية للشركة .

والمثال الآخر هو شعار (نظرية تطورالسيارة) لشركة (هوندا Honda) تأكيداً على أن الآلة - السيارة هى كائن حى يتطور ، وفى هذا السياق تم تشكيل فريق فى الشركة كان عليه أن يطور سيارة جديدة تختلف عما هو موجود فيها . وقد واجه الفريق هذا التحدى الغامض المتمثل فى نظرية تطور السيارة ، فإذا كانت السيارة كائنًا حيًا ، إذن كيف يجب أن يتطور ؟ وهذا نجد إجابته لدى أعضاء الفريق فيما سمَى بالرجل الأقصى - الآلة الأدنى ، ولمعالجة ما يدعى تبرير ديترويت (Reasoning of Detroit) فى أن تكون السيارة مريحة فى المظهر ؛ فقد جسّد الفريق ذلك فى السيارة القصيرة (فى الطول) وبشكل متزامن مع أن تكون طويلة (فى الارتفاع) ، وهذه ستكون مشرقة ولكن رخيصة ؛ ليخرج المشروع بما هو معروف فى اليابان بسيارة الولد الطويل ؛ حيث إنها قصيرة فى الطول وطويلة فى الارتفاع .

إن الدرس الأساسى للمديرين من كل هذا هو أن الكثير من المنتجين حول العالم تعلّموا من اليابانيين أساليب التصنيع ، كما تعلّم اليابانيون قبل ذلك من الغرب أفضل ما لديه ، وأن أية شركة ترغب أن تتنافس على أساس المعرفة يجب أن تتعلم من الأساليب اليابانية لإنشاء المعرفة كما يقول (نوناكا) فى موضوعه عن الشركة الخلاقة للمعرفة .

ثامنا : محاسبة الكلفة بُعْد آخر :

ثمة مراجعة عميقة لأسس ومفاهيم محاسبة الكلفة ؛ وذلك لأسباب كثيرة منها التغيرات الكبيرة فى تركيبة الكلف فى المصنع . فبعد أن كانت كلفة العمل المباشر كنسبة من القيمة المضافة فى بداية هذا القرن حوالى (٤٠٪) ، وازدادت نسبيًا إلى (٤١-٤٢٪) فى عام ١٩٤٥م لتنخفض مع الستينيات إلى ما يقرب من (٣٠٪) ؛ ثم تنخفض مع الأتمتة فى الوقت الحاضر إلى (٤٪) وفى بعض المصانع إلى (١٪) فقط ، إلا أنه من جانب آخر ، فإن محاسبة الكلفة فى التجربة اليابانية رغم قلة الدراسات الميدانية المنشورة عنها ؛ كشفت عن الحاجة إلى القيام بأدوار جديدة فى محاسبة الكلفة : بما يضفى عليها دوراً إستراتيجياً فى خدمة العمليات (التصنيع) . ففى دراسة مهمة قام بها (هيروموتو T.Hiromoto) أشار إلى أن هناك دوراً مؤثراً للمحاسبة أكثر من دور المعلومات ؛ فالمديرون اليابانيون لا يهتمون كثيراً بنظام تخصيص الكلف

غير المباشرة (Overheads) بقدر اهتمامهم كيف أن النظام يعكس أسبقيات خفض الكلفة من قبل مديرى المستوى المتوسط والعمال فى خطوط الإنتاج .

وإذا كنا قد تحدثنا فى الفقرة السابقة عن أهمية التنوع كأساس فى التقرب من الزبون ، وإذا كانت أيضًا اقتصاديات الحجم تؤدى إلى استخدام الأجزاء والعمليات النمطية ؛ مما يؤدى إلى الكلف القياسية ، فإن (هيروموتو) فى دراسته للشركات اليابانية يشير إلى أن الكلف القياسية تعكس العقلية الهندسية والإدارة القائمة على البعد التكنولوجى ، وهذا بالنسبة للشركات اليابانية أقل أهمية من أن تكون قادرة وبكفاءة على تحقيق النجاح الأقصى فى السوق . وهكذا يرى (هيروموتو) أن الشركات اليابانية تقول (Good - Bye to Standard Cost) بوصفها مرحلةً تلائم الإنتاج الواسع النمطى ، ولا تلائم الإنتاج المتنوع الأكثر ارتباطًا بالزبون .

واستكمالاً للتحليل نشير إلى النقد الذى وجهه (بيتر دركر) إلى محاسبة الكلفة التقليدية (التى يرى أنها تقوم على حقائق العشرينيات من هذا القرن عندما كان عمل العمال ذوى الياقات الزرقاء يمثل (٨٠٪) من كلف التصنيع مع المواد الأولية ، وبأنها تشبه المزولّة أو الساعة الشمسية التى تظهر ساعات الوقت عندما تشرق ، ولكن لاتعطى معلومات فى اليوم الغائم أو فى الليل ، وهذا ينطبق على محاسبة الكلفة التقليدية التى تقيس كلف الإنتاج ، إلا أنها تتجاهل كلف اللاإنتاج سواء تلك الناتجة عن تعطل الآلة أو عن تلف المنتجات أو عن إعادة العمل .

وبعد فإن التجربة اليابانية لازالت قيد الدرس والتحليل ؛ من أجل الكشف عن جوانب جديدة تفسر المزيد من أبعاد وأسباب التفوق اليابانى ، والذى كانت إستراتيجية العمليات - كما أوضحنا فى الفقرات السابقة - أساسًا قويًا وفعالاً وطويل الأمد فى إيجاد واستمرار الميزة التنافسية فى الشركات اليابانية . وسنحاول فى الفقرة التالية مقارنة التجربة اليابانية مع التجارب المتقدمة الأخرى فى أمريكا الشمالية وأوربا بالاعتماد على الأسبقيات التنافسية وخطط النشاط فى الشركات .

٣ - الأسبقيات التنافسية :

إن الأسبقيات التنافسية (Competitive Priorities) تمثل طريقة مفيدة لتحديد اتجاهات الشركات الكبرى والمراكز الصناعية فى العالم والمقارنة فيما بينها . ولقد أشار (أدم وايبرت Ebert & Adam) إلى المسح الذى أجرى فى عام ١٩٨٦م حول الأسبقيات التنافسية فى السنوات (١٩٨٣م) و (١٩٨٤م) و(١٩٨٥م) ، وشارك فيه المديرون التنفيذيون من أوربا وأمريكا الشمالية واليابان ؛ فظهر فيه أن الأمريكيين الشماليين يعكسون التأكيد على الأسبقيات : الجودة ، الأداء ، والخدمة ، وهذه الأسبقيات نفسها أكدها المديرون التنفيذون الأوربيون فى حين أن اليابانيين يهتمون أكثر بالسعر ، السرعة (سرعة الاستجابة) ، والمنتجات الجديدة ، والجدول رقم (٧) يوضح هذه الأسبقيات .

الجدول رقم (٧) : الأسبقيات التنافسية مترتبة حسب الأهمية

أوربا	أمريكا الشمالية	اليابان
١- الجودة المتَّسقة	١- الجودة المتَّسقة	١- الأسعار الأقل
(١) (١) (١)	(١) (١) (١)	(١) (١) (١)
٢- منتجات ذات أداء عالٍ	٢- منتجات ذات أداء عالٍ	٢- تغييرات التصميم السريعة
(٣) (٢) (٢)	(٢) (٢) (٣)	(٢) (٢) (٢)
٣- التسليمات المعتمد عليها	٣- التسليمات المعتمد عليها	٣- الجودة المتسقة
(٢) (٣) (٣)	(٣) (٣) (٢)	(٣) (٣) (٢)
٤- التسليمات السريعة	٤- الأسعار الأقل	٤- التسليمات المعتمد عليها
(٦) (٦) (٥)	(٦) (٥) (٥)	(٤) (٤) (٥)
٥-الأسعار الأقل	٥- التسليمات السريعة	٥- التسليمات المعتمد عليها
(٥) (٥) (٦)	(٤) (٤) (٤)	(٦) (٦) (٦)
٦- تغييرات التصميم السريعة	٦- تغييرات التصميم السريعة	٦- منتجات ذات أداء عالٍ
(٥) (٥) (٦)	(٧) (٥) (٧)	(٤) (٤) (٤)
٧- خدمات ما بعد البيع	٧- خدمات ما بعد البيع	٧- التسليم السريع
(٨) (٨) (٧)	(٥) (٧) (٦)	(٨) (٧) (٧)
٨- تغييرات الحجم السريعة	٨- تغييرات الحجم السريعة	٨- خدمات ما بعد البيع
(٧) (٧) (٨)	(٨) (٨) (٨)	(٧) (٨) (٨)

ملاحظة : إن الأرقام فى الأقواس تؤشر على الأسبقيات التنافسية فى السنوات (١٩٨٣م) (١٩٨٤م) و(١٩٨٥م) على التوالى .

وفى مسح أخر حول مستقبليات التصنيع أُجرى عام ١٩٩٠م ، وشارك فيه المديرون التنفيذيون من (١٨٤) شركة كانت نتائجه تؤشر على التغيرات ذات الدلالة فى الأسبقيات التنافسية ونتائج خططها - ظل التأكيد على الجودة مسيطراً ، ومن ثم المنافسة على السعر ، وتطوير المنتجات الأسرع يصبح أكثر أهمية . أما خطط الأنشطة العشرة فهى تتغير أيضًا . ويوضح الجدول رقم (٨) خطط الأنشطة العشرة الأكثر أهمية ويلاحظ أن المديرين الأمريكيين يركزون على تحسين الجودة ، وتكامل أنظمة المعلومات فى التصنيع . فى حين أن الأوربيين يركزون على : تحفيز العاملين ، أنظمة الرقابة على الإنتاج والمخزون ، وأتمتة الأعمال . أما اليابانيون فإن خططهم تركز على أنظمة التصنيع المرن (FMS) ، دوائر الجودة ، وأنظمة الرقابة على الإنتاج والمخزون .

الجدول رقم (٨) : خطط الأنشطة العشرة الأكثر أهمية

أوربا	أمريكا الشمالية	اليابان
- تحفيز العمل المباشر (٣)	- رقابة العملية الإحصائية (٧)	- أنظمة التصنيع المرنة (١)
- أنظمة الرقابة على الإنتاج والمخزون (٤)	- التلف الصفرى ( )	- دوائر الجودة (٣)
- أتمتة العمل (٢)	- جودة البائع (٢)	- أنظمة الرقابة على الإنتاج والمخزون (٤)
- تكامل أنظمة المعلومات فى التصنيع (١)	- تحسين القدرة على إدخال منتجات جديدة ( )	- أتمتة العمل (٢)
- تدريب المشرفين	- أنظمة الرقابة على الإنتاج والمخزون (١)	- خفض وقت التوريد (٩)
- إعادة تنظيم عمليات التصنيع (١٠)	- الرقابة الإحصائية على المنتوج ( )	- تطوير التشغيل الجديد لمنتجات جديدة (٢)
- تكامل أنظمة المعلومات عبر الوظائف (٧)	- تكامل أنظمة المعلومات فى التصنيع (١)	- خفض وقت الإعداد (١٠)
- تحديد إستراتيجية التصنيع (١١)	- تطوير التشغيل الجديد لمنتجات جديدة (١٠)	- تحفيز العمل المباشر (٨)
- خفض فترة التوريد (١٢)	- تحفيز العمل المباشر (٨)	- سلامة العامل (٦)
- جودة البائع (٥)	- خفض وقت التوريد	- إعطاء العامل مدى أوسع من المهام ( )

* إن الأرقام فى الأقواس تؤشر على تدرج الخطط حسب الأولوية عام ١٩٨٥م ، والقوس الفارغ يؤشر على أن تدرج الأهمية أكبر من (١٢) .

المراجع :

أولاً : الكتب

١- للاطلاع على تطور الاهتمام بإستراتيجية العمليات يمكن الرجوع إلى :

- أثيلة ياسين العزاوي "إستراتيجية العمليات" رسالة دكتوراه مقدمة لكلية الإدارة والاقتصاد / جامعة بغداد ، (غير منشورة ، بغداد ، ١٩٩٢م) .
- نبيل حنا قاشات "إستراتيجية العمليات وتعزيز الإستراتيجية التنافسية" رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية الإدارة والاقتصاد / جامعة بغداد (غير منشورة ، بغداد ، ١٩٩١م) .

٢- ريتشارد ب . باسكال وأنتوني ج أثوس " فن الإدارة اليابانية " ترجمة حسن محمد ياسين ، معهد الإدارة العامة ، الرياض ، ١٩٨٦م) .

٣- وليم ج . أوتشي " النموذج الياباني في الإدارة : نظرية Z " ترجمة حسن محمد ياسين ، معهد الإدارة العامة ، الرياض ، ١٩٨٥م .

4- E.Adam Jr., and R.J.Ebert , Production and Operations Management , Printice -Hall of India Privat Lmd , New Delhi . 1993

5- J.Browne et al., Production Management Systems, Addison - Wesley Publishing Co. Wokingham . 1988

6- J.B.Dilworth , Production and Operations Management , McGraw - Hill Co. NewYork.1989

7- J.B.Donnelly , Jr. et al., (Editors). Prospective on Management ,Universal Book Stall , New Delhi . 1988

8- R.G.Schroeder , Operations Management , McGraw Hill - Book Co . New York. 1989

9- W.J.Stevenson, Production / Operations Management , Homewood, Boston 1990 .

10- S.C.Wheelwright , Competing through Manufacturing , in ; R.Wild (Ed), International Handbook of Production and Operations Management , Cassel Educational Ltd. . London .1989.

ثانيا : الدوريات

1- D.A,Garvin and R.B.Chase, The Service Factory , HBR . July-August 1989.

2- P.F.Drucker, The Emerging Theory of Manufacturing ,HBR . May-June 1990.

3- P.F.Drucker, What We Can Learn From Japanese Management , HBR . March-April 1971.

4- E.A.Haas, Breakthrough Manufacturing ,HBR . March-April ,1987.

5- R.H.Hayes , Why Japanese Factories Work , HBR. July-August .1981.

6- T.Hiromoto , Another Hidden Edge: Japanese Management Accounting , HBR. July-August .1981

7- S.M.Lee and M.Ebrahimpour ,Just-In-Time , Management Decision ,Vol. 25 No.6 . 1987 .

8- J.K.Johansson and I.Nonaka ,Market Research , The Japanese Way ,HBR . May-June1987 .

9- J.Macdonald , The Japan of Europe : Which Country Will Learn the Title ? , Management Decision ,Vol. 25. No.1. 1987 .

10- A.Miedan ,Handbook of Business Policy , Management Decision , Vol. 24. No.4. 1987 1986.

11- J.G.Miller and E.Vollman , The Hidden Factory ,HBR . Sep-Oct 1985.

12- I.Nonaka , The Knowledge -Creating Company . HBR. Nov-Dec. 1991.

13- B.R.Scott , Competitiveness : Self-help for a Worsening Problem , HBR . July- August , 1987.

14- W.Skinner , What Matter to Manufacturing , HBR .Jan-Fab .1988.
15- G.Stalk , JR , Time- The Next Source of Competitive Advantage , HBR July-August, 1987.
16- S.C.Wheelwright , Japan Where Operations Really are Strategic , HBR. July-August .1981.
17- A.Weiss, Simple Truths of Japanese Manufacturing , HBR.July-August 1984.

الفصل الثانى : إدارة المشروعات : النماذج الشبكية

٢-١- المدخل :

تعتبر النماذج الشبكية (Network Models) أداة وصفية - تحليلية فعالة فى إدارة المشروعات ؛ حيث إن المشروعات الجديدة المتوسطة والكبيرة تتألف من عدد كبير من الأنشطة المتداخلة والمعقدة ، وتتطلب أساليب كفئة تمكن صانع القرار (أى مدير المشروع) من تخطيط وجدولة أنشطة المشروع والرقابة عليها بما يضمن أفضل استغلال للموارد المتاحة .

تتألف النماذج الشبكية من مجموعة من الأساليب التى ابتدأ تطويرها منذ عام ١٩٥٧م ، ووضعها فى مواقع مختلفة ولأسباب متنوعة وفى مشروعات متباينة ، ورغم تعدد هذه الأساليب وتباين أسمائها إلا أنها متشابهة فى مكوناتها الأساسية ، ومن هذه الأساليب الشبكية : طريقة المسار الحرج (CPM) ، أسلوبا تقييم ومراجعة المشروعات (PERT) ، نظام معلومات معولية البرامج للإدارة (PRISM) ، طريقة تقييم البرامج (PEP) ، طريقة تخطيط ورقابة الإدارة المتكامل (MPACT) ، الجدولة والرقابة من خلال الأنظمة الشبكية آلية التحكم (SCANS) .

يعتبر أسلوب بيرت وطريقة المسار الحرج من أكثر الأساليب الشبكية استخداماً فى الوقت الحاضر ؛ حيث يلائم هذان الأسلوبان مشكلات الأعمال المختلفة . والواقع أن المشروعات التى يمكن استخدام النماذج الشبكية فيها لا تقتصر على مشروعات البناء (كالأبنية أو الجسور أو الطرق ... إلخ) ، وإنما هى تتسع لتشمل مشروعات البحث والتطوير ، إدخال المنتجات الجديدة ، إدخال نظام معلومات جديد على الحاسبة ونظام حوافز جديد .. إلخ ، ولعل فى تعدد الاستخدامات ما يفسر الانتشار الواسع للنماذج الشبكية التى يمكن استخدامها فى ظروف أو حالة التأكد (أوقات الأنشطة التى يتكون منها كل مشروع تكون معلومات مؤكدة) ، أو فى الظروف أو الحالات الاحتمالية (أوقات الأنشطة تكون احتمالية) وهذه الأخيرة هى الحالات السائدة فى شركات الأعمال (ب) .

ومن الناحية التاريخية فإن النماذج الشبكية لم تتطور بشكل فجائى فى أواخر الخمسينيات ، وإنما سبقتها محاولات عديدة من خلال استخدام أدوات وأساليب أقل تعقيداً فى تخطيط وجدولة المشروعات الصغيرة ، ومن هذه الأدوات مخطط جانت

(Gantt Charts) ومخططات المعلمات (Milestone Charts) : فكانت هذه المخططات البداية الأولى (المسجلة) التى استند إليها التطوير اللاحق للنماذج الشبكية : بيرت والمسار الحرج اللذين سنركز عليها ؛ لأنهما الأسلوبان الأكثر استخداماً وشيوعًا .

إن استخدام النماذج الشبكية فى المشروعات يمكن أن يحقق أهدافًا أساسية تتمثل فى خفض الوقت وتقليص الكلفة وتحسين الأداء فيها ، ولأن هذه الأهداف متعارضة فى حالات كثيرة (مثلاً تقليص الوقت يتطلب كلفة أكبر لاستخدام موارد أكبر) ؛ فإن على إدارة المشروع القيام بالمبادلات المطلوبة لضمان أفضل تحقيق لهذه الأهداف . وهناك ثلاث مراحل لكل مشروع من المشروعات التى تستخدم فيها النماذج الشبكية وهذه المراحل هى :

أولاً – مرحلة التخطيط : تتضمن تحديد أهداف المشروع وتقدير مصادره الكلية ، و تقسيم المشروع إلى أنشطة متباينة ومتتابعة ، وتحديد الوقت الذى يتطلبه تنفيذ كل نشاط ، ومن ثم تمثيل المشروع فى مخطط شبكى يوضح علاقات التتابع والأسبقية بما يساعد على إعطاء صورة كاملة عن المشروع . ولاشك فى أن هذه المرحلة هى الأصعب : لأنها تتعلق بتقدير احتياجات المشروع من الأفراد والمواد والآلات ، وكذلك لأنها تتعلق بتقسيم المشروع إلى أنشطة متباينة مع تحديد أوقاتها المتوقعة وعلاقات الأسبقية فيما بينها .

ثانيًا – مرحلة الجدولة : تشمل مهام إعداد جداول زمنية تفصيلية توضح وقت بداية ونهاية كل نشاط ، وتحديد التعاقب الأفضل بين الأنشطة فى كل مهمة من مهام المشروع مع تحديد المسؤولين عنها ، كما يتم فى هذه المرحلة تحديد الأنشطة الحرجة التى يجب أن تعطى اهتماماً أكبر : لكى يتم تنفيذ المشروع فى موعده المحدد ، وكذلك الأنشطة غير الحرجة للاستفادة من أوقاتها الفائضة فى عملية الجدولة .

ثالثًا – مرحلة الرقابة : تتضمن الرقابة على الوقت والكلفة والأداء الفعلى والمقارنة بين المخطط بالأرقام الفعلية وتحديد النشاط التصحيحى الملائم : حيث يتم فى هذه المرحلة إعداد تقارير توضح ما تم تنفيذه ، وما لم يتم تنفيذه وإجراء التعديلات الملائمة ؛ من أجل التمكن من إنجاز المشروع فى وقته المحدد .

فى هذه المراحل فإن الشبكيات تقدم فوائد كثيرة سواء فى إعطاء صورة كاملة عن المشروع (وهذه هى الميزة البصرية لتلك المخططات والأشكال البيانية) ، أو فى تحديد وفهم علاقات التتابع والأسبقية ، أو التوصل إلى الجدولة الدقيقة لوقت البداية والنهاية لكل نشاط ، أو فى الرقابة بين المخطط والمنفذ وتأثير ذلك على إنجاز كل مهمة من مهام المشروع (مجموعة الأنشطة المترابطة فى المشروع) وبالتالى المشروع كله فى موعده المحدد .

٢-٢- من المخططات إلى الشبكيات :

إن المخططات المستخدمة فى إدارة المشروعات وسيلة عرض بصرية تشتمل على الأنشطة اللازمة وأوقاتها الضرورية ، وقد استخدمت فى تخطيط وجدولة المشروعات فى وقت مبكر ، ففى عام ١٩١٧م أدخل (هنرى جانت H. Gantt) مخططه الشريطى (Bar Chart) المسمى باسمه ، والذى يتسم بسهولة الفهم وبساطة الإعداد والاستخدام فى تخطيط وجدولة المشروع والرقابة على مراحل التقدم فيه ؛ فقد استخدم على نطاق واسع (بما يجعل منه أداة ذات شعبية) فى المشروعات الصغيرة محدودة الأنشطة والمتغيرات فيها .

إلا أن عيوب مخطط جانت أدت إلى البحث عن أساليب أكثر كفاءة تتلاءم مع المشروعات المعقدة والكبيرة ، والتى تتجاوز عيوب مخطط جانت والتى تتمثل بشكل أساسى فى أن علاقات الأسبقية تكون غير واضحة ، فرغم أن بعض هذه العلاقات يستنتج منطقياً كما فى نشاط تركيب الأجهزة وتشغيلها مثلاً فلا يمكن أن يتم إلا بعد الانتهاء من شراء هذه الأجهزة ؛ فإن البعض الآخر يكون فيه تحديد الأسبقية أكثر صعوبة ولا يمكن استنتاجها من المخطط ، كما أن اعتبارات الكلفة لا تؤخذ بالاعتبار فى هذا المخطط ، وأن بدائل التعجيل للمشروع باستخدام موارد إضافية مفقودة ، إضافة إلى أن بناء المخطط لا يساعد بوضوح على تحديد الأعمال أو الأنشطة التى يتطلبها الإكمال الناجح للمشروع مع عدم إمكانية استخدام المخطط فى المشروعات الصغيرة غير مُجْدٍ فى المشروعات الكبيرة والمعقدة ، وسنقدم استخدام مخطط جانت فى الفصل الثامن فى جدولة الإنتاج .

إن توسع وتعقد المشروعات أظهر الحاجة إلى تطوير وسائل وأساليب أكثر كفاءة فى تخطيط وجدولة المشروعات والرقابة عليها ، وقد تحقق ذلك بالفعل ؛ فقد تم تطوير أسلوبين للتحليل الشبكى بشكل مستقل وفى نفس الوقت تقريبًا ، ففى عام ١٩٥٦م أدخلت طريقة المسار الحرج (Critical Path Method) من قبل شركة ديبونت (DuPont) عام ١٩٥٧م ، وتم تنفيذ المسار الحرج على حاسبات (UNIVAC) للسيطرة على بناء مصنع كيماوى كلفته (١٠) ملايين دولار من قبل الشركة نفسها ، وفى عام ١٩٥٨م استخدمت فى جدولة مشروع الصيانة فى المصنع الجديد ؛ فحققت نجاحًا باهرًا ؛ حيث ساهمت طريقة المسار الحرج بتخفيض الوقت الكلى بنسبة (٣٦٪) من (١٢٥) ساعة إلى (٧٨) .

أما بيرت (PERT) أسلوب تقييم ومراجعة المشروع (Project Evaluation and Review Technique) فقد أدخلت عام ١٩٥٨م من قبل الشركة الاستشارية (Booz,Hllen and Hamilton) التى تعاقدت مع مكتب المشاريع الخاصة التابع للبحرية الأمريكية ؛ بهدف تحسين إدارة برنامج صواريخ الغواصات الأمريكية بولاريس ، وكان البرنامج كبيراً ، ويتطلب التخطيط الجدولة والرقابة على أنشطة أكثر من (٣٠٠٠) متعاقد ؛ فقد تم تطوير هذه الطريقة (بيرت) التى ساهمت وبكفاءة فى تخفيض الوقت المقدر للمشروع بحوالى سنتين ؛ وبسبب المزايا التى تتمتع بها (بيرت) فقد حققت انتشاراً واسعًا فى التطبيق ؛ حيث تستخدم فى الوقت الحاضر على نطاق واسع فى المنظمات الخاصة والحكومية وفى مشروعات البناء ، وجدولة إدخال المنتجات الجديدة ، والإنتاج ، والبحث العلمى والتطوير ، وإدخال النظم الجديدة . ويمكن أن نقول بأن بيرت والمسار الحرج تقومان على نفس المفاهيم من الناحية الجوهرية كأسلوبين فى تخطيط وجدولة الأنشطة والرقابة عليها . وهما يتشابهان فى الجوانب الأساسية الآتية : أن كلتيهما أداة كفئة وجيدة فى تخطيط وجدولة ورقابة المشروعات الصغيرة والكبيرة ، يمكن تنفيذهما بسهولة على الحاسبة ، وهناك برمجيات كثيرة تساعد على ذلك ، وأخيراً فإن كلتيهما يستخدم الشبكيات لوصف المشروع والأنشطة المكونة له ، ويستخدمان المراحل الثلاث : التخطيط ، الجدولة، و الرقابة التى سبق عرضها فى بناء شبكيات المشروعات وتنفيذها .

ورغم التشابه فيما ذكرنا بين بيرت والمسار الحرج إلا أن هناك بعض الاختلافات بينهما يمكن أن نحددها فى الجوانب الآتية :

أ- أن بيرت (PERT) تستخدم تقديرات الوقت الاحتمالية ؛ مما يجعلها أسلوبًا احتماليًا ، فى حين أن طريقة المسار الحرج (CPM) تفترض أوقات مؤكدة وثابتة . ومن الناحية العملية فإن النموذج الاحتمالى (بيرت) والنموذج المؤكد (المسار الحرج) كليهما قابل للتطبيق والاستخدام ، إلا أن مشكلات الأعمال عادة لا تتسم بالتأكد بفعل تغيرات السوق وتأثير المنافسة ؛ مما يجعل (بيرت) أكثر ملاءمة لهذه المشكلات من طريقة المسار الحرج التى تتطلب مشروعات داخلية يمكن السيطرة عليها ، والواقع أن هذا الفرق يوضح ظروف نشأة (بيرت) ؛ حيث تطور هذا الأسلوب فى مجال محفوف بالتغير والاحتمالية العالية (مشروع صواريخ بولاريس) ، فى حين أن طريقة المسار الحرج تطورت فى مجال يتسم بقدر عالٍ من التأكيد وإمكانية السيطرة عليه (مجال الصيانة) .

ب- إن شبكية (بيرت) تختلف عن شبكية طريقة المسار الحرج ، فبينما الأولى تستخدم تنويت النشاط على السهم ، فإن الثانية تستخدم تنويت النشاط على العقدة وهذا ما سنوضحه بعد قليل .

ج- إن شبكية بيرت تستخدم الأنشطة الوهمية لتأشير علاقة الأسبقية المنطقية فى حالات عديدة ، أما طريقة المسار الحرج فلا تستخدم هذا النوع من الأنشطة .

٢-٣- بناء الشبكيات :

إن الشبكيات يمكن تطويرها واستخدامها لمختلف المشروعات الصناعية وغير الصناعية ، والمشروع يمكن تمثيله بالنظام الذى يتكون من مجموعة من العناصر (الأنشطة) المكونة له التى ترتبط مع بعضها بعلاقات تساند ، أى يؤثر أحدها على الآخر (علاقات أسبقية فى المشروع) . ورغم وجود بعض الاختلافات فى شبكيات بيرت عن شبكيات المسار الحرج إلا أنهما يعتمدان خطوات أساسية متماثلة فى بناء الشبكيات لهذه المشروعات .

إن بناء الشبكيات الخاصة بالمشروعات يتكون من الخطوات الأساسية الآتية :

أ- تحديد المشروع الكلى من حيث البداية والنهاية والهدف منه وموعد الإكمال المستهدف أى الموعد الأخير الذى ينبغى إكمال المشروع فيه .

ب- تجزئة المشروع إلى أنشطة محددة وقابلة للتمييز عن بعضه ، ويمكن تحديد بدايتها ونهايتها بشكل دقيق وغير متداخل مع الأنشطة الأخرى ، والحقيقة أن أى تحديد غير ملائم للأنشطة يؤدى إلى عدم التمكن من استخدام الشبكية بشكل كفء وفعال لإكمال المشروع فى موعده النهائى المحدد .

ج- تحديد العلاقات بين الأنشطة من حيث التزامن (حدوث نشاطين أو أكثر فى وقت واحد أو أن تنجز فى وقت واحد قبل البدء بالنشاط اللاحق لهما) ، أو التعاقب أى وجود علاقة أسبقية بين نشاطين : حيث لا يمكن البدء بالنشاط التالى إلا بعد اكتمال النشاط السابق ، أو الاستغلال بين الأنشطة وهو يشير إلى عدم وجود علاقة اعتماد متبادل بين نشاطين أو أكثر أو حتى بين مسار أو آخر . وبشكل عام فإن الشبكية تنظم على أساس ترتيب وتعاقب الأنشطة ، كما ينبغى أو حسب متطلبات التوقيت والأسبقية التى يفرضها تنفيذ المشروع من حيث المتطلبات التخطيطية والتكنولوجية ، وبما يساعد على تحديد العلاقات بين هذه الأنشطة .

د- تحديد أوقات الأنشطة المكونة للمشروع ، ويتم هذا على أساس خبرة منفذ النشاط ؛ حيث يمكن وضع تقدير مؤكد للفترة التى يستغرقها تنفيذ النشاط ، وهذا ما يستخدم طريقة المسار الحرج ، وفى حالة المشروعات التى تتسم بقدر من المخاطرة يتم تقدير ثلاثة أوقات للنشاط الواحد لتغطى التوزيع الاحتمالى لأوقات التنفيذ ، وهذا ما يستخدم فى (بيرت) دون أن يستخدم بطريقة المسار الحرج . إن تحديد هذه العناصر لبناء الشبكية تمثل مرحلة التخطيط التى يعتمد عليها الاستخدام الكفء والناجح للشبكيات فى جدولة أنشطة المشروع والرقابة على تنفيذها من أجل إكماله فى الموعد المحدد .

يمكن تعريف الشبكية بأنها بيانية تخطيطية تتألف من أسهم وعقد توضح العلاقات بين الأنشطة التى يتكون منها المشروع ، ولبناء الشبكيات : يستخدم فى بيرت والمسار

الحرج مجموعة من الرموز والقواعد التى تساعد على التمثيل التصويرى للمشروعات وجميع الأنشطة المكونة لها ؛ لتمكين الإدارة من الحصول على صورة كلية عنها من خلال هذه الأنشطة من بداية كل مشروع وحتى نهايته وعلاقات الأسبقية فيما بينها والمسار الحرج وأنشطته الحرجة التى عند تأخر أى منها سيتأخر إكمال المشروع ككل ، إلا إذا تم استخدام موارد إضافية من أجل تعجيل الأنشطة لتنفيذه فى موعده .

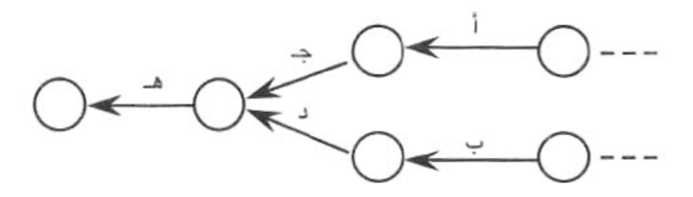
تختلف شبكيات بيرت عن شبكيات المسار الحرج من حيث التنويت ؛ ففى شبكيات بيرت يستخدم تنويت النشاط على الأسهم وهذا التنويت يتكون من :

- الأسـهم : تدعى أحـيـانًا الخطوط أو الأقـواس ، وهى تمثل الأنشطة المكونة للمشروع ، ويدون على السهم رمز النشاط الذى يكون فى بعض الأحيان حرفًا ، وفى أحيان أخرى يرمز للنشاط برقمى العقدين الممثلين لبداية ونهاية النشاط .
- العقد : ترسم عادة كدوائر وهى تمثل الأحداث المعبرة عن بداية ونهاية كل نشاط من أنشطة المشروع ، والعقد لا تستهلك وقتًا ، والقاعدة الأساسية هى أن كل نشاط له بداية واحدة ونهاية واحدة .
- علاقات الأسبقية بين الأنشطة ؛ حيث إنها تشير إلى الأنشطة التى تنجز فى تعاقب ، فلا يمكن البدء بالنشاط اللاحق إلا بعد إكمال النشاط السابق الذى يرتبط به بعلاقة أسبقية .

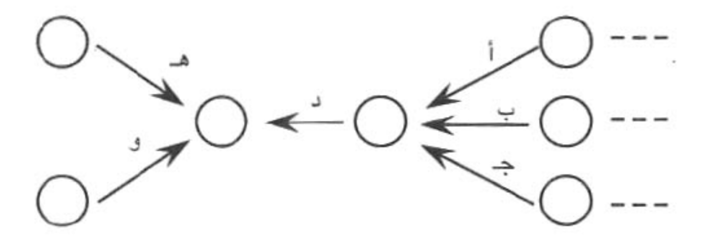
لنفرض لدينا ثلاثة أنشطة هى (أ ، ب ، ج) أخذت من شبكية كبيرة ، وأن النشاط (أ) يسبق النشاط (ب) ويسبق النشاط (ج) ، وفى هذه الحالة يمكن رسم شبكية هذه الأنشطة الثلاثة كالآتى :



وإذا كان لدينا النشاط (أ) يسبق النشاط (ج) ، وكان النشاط (ب) يسبق النشاط (د) وأن كلاً من النشاطين (ج) و (د) يسبقان (هـ) - فيمكن رسم شبكية لهذه الأنشطة كالآتى :



وإذا كان لدينا الأنشطة الثلاثة (أ ، ب ، ج) تسبق النشاط (د) ، وأن النشاط (د) يسبق النشاطين (هـ ، و) - فيمكن رسم شبكية هذه الأنشطة كالآتى :

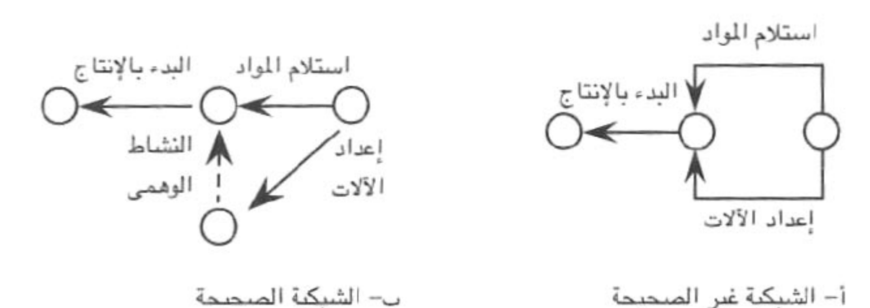


* الأنشطة الوهمية وهى سمة مميزة لشبكيات بيرت عن شبكيات المسار الحرج التى لا تستخدم هذا النوع من الأنشطة ، والأنشطة الوهمية تظهر فى الشبكية كأسهم أو خطوط متقطعة ، وهى لا تتطلب موارد ولا وقتًا مخصصًا لها ؛ حيث وقتها يساوى صفرًا . والغرض الأساسى من استخدام الأنشطة الوهمية هو توضيح علاقات الأسبقية في حالات معينة . إن استخدام الأنشطة الوهمية تضمن قاعدتين أساسيتين عند رسم الشبكيات هما :

أ- أن كل مشروع ينبغى أن تكون له عقدة بداية واحدة وعقدة نهاية واحدة ، وهذه القاعدة ضرورية عند استخدام الحاسبة فى تحليل المشروع ؛ وذلك لأن أغلب برامج الحاسبات تحدد الأنشطة من خلال نقاط نهايتها ، والأنشطة التى لها نفس البداية والنهاية لا يمكن تمييز أحدها عن الآخر ، ويمكن توضيح ذلك فى المثال الآتى .

لنفرض أن جدولة إحدى العمليات تتضمن ثلاثة أنشطة هى : النشاط الأول ، يمثل استلام المواد ، والنشاط الثانى يمثل إعداد الآلات ولكليهما نفس البداية والنهاية ، وينبغى أن تكتملا قبل البدء بالنشاط الثالث المتمثل فى البدء بالإنتاج للوجبة ، أدناه الشبكية غير الصحيحة (أ) لتمثل هذه الأنشطة والشبكية الصحيحة (ب) باستخدام النشاط الوهمى فى الشكل (٢-١) .

الشكل رقم (٢-١) : النشاط الوهمى



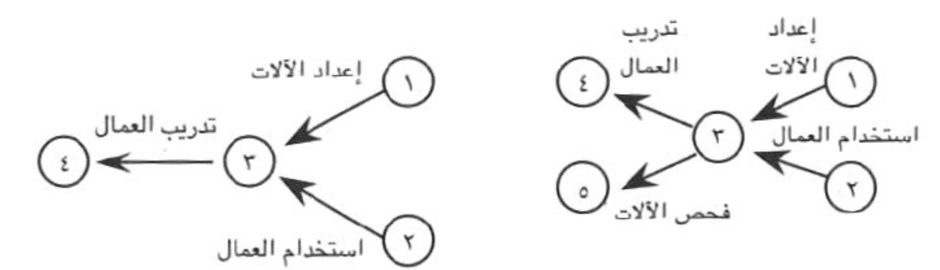
ب- استخدام الأنشطة الوهمية عندما تكون لجميع الأنشطة الداخلة إلى العقدة أنشطة تالية متماثلة ، أو أن الأنشطة الخارجة من العقدة لها أنشطة سابقة متماثلة ، ولتوضيح ذلك لنأخذ الأنشطة الآتية : النشاط (١-٣) يمثل إعداد الآلات ، والنشاط الذى يعقبه (٣-٤) يمثل تدريب العمال على الآلات ، والنشاط (٢-٣) يمثل استخدام العمال وهذا يمثل إعداد الآلات .

إن الشكل (٢-٢) يوضح الشبكية غير الصحيحة ؛ ففى (أ) تم تمثيل العلاقات بين الأنشطة بشكل منفصل ، و(ب) لا تمثل علاقات الأسبقية بين الأنشطة الأربعة بشكل صحيح ؛ لأن استخدام العمال ظهر وكأنه فى علاقة أسبقية بفحص الآلات ، وهذا غير صحيح . وفى الشكل (ج) تم استخدام النشاط الوهمى ودمج الشبكتين المنفصلتين فى (أ) لتصبح الأنشطة كالآتى :

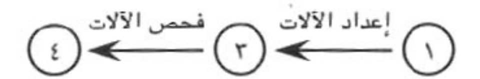
النشاط	الوصف
١-٣	إعداد الالات
٢-٤	استخدام العمال
٣-٤	نشاط وهمى
٣-٥	فحص الالات
٤-٦	تدريب العمال

الشكل رقم (٢-٢) : شبكيات تمثيل الأنشطة

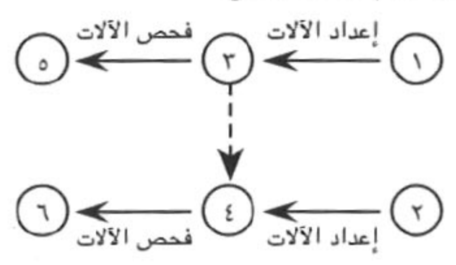
أ - الشبكية غير الصحيحة :



ب - تمثيل العلاقات بشبكيات منفصلة :



جـ - الشبكية الصحيحة باستخدام النشاط الوهمى :



* أوقات اكتمال الأنشطة وهى الأوقات المستغرقة لإتمام الأنشطة ، وتكتب عادة فوق الأسهم الممثلة لهذه الأنشطة . وتمتاز بيرت عن المسار الحرج بأن شبكياتها تستخدم فى حالة مؤكدة ، وذلك باستخدام تقدير واحد للوقت لكل نشاط يدون فوق سهم ذلك النشاط ، أو فى حالة احتمالية ، وذلك باستخدام تقديرات الوقت الثلاثة لإكمال النشاط ، وهى : الوقت التفاؤلى ، والوقت الأكثر ترجيحاً ، والوقت التشاؤمى . والواقع أن المسار الحرج لا تستخدم تقديرات متعددة لوقت النشاط : لهذا فإن هذه الطريقة تعمل فى حالات التأكد عندما يكون الوقت محدداً وأكيداً ؛ مما يجعلها أقل ملاءمة من بيرت فى مشكلات منظمات الأعمال ؛ حيث إن شبكيات بيرت تتميز باستخدام وقت الإكمال الواحد (فى ظروف التأكد) وتقديرات الوقت الثلاثة فى الظروف الاحتمالية .

أما تنويت النشاط على العقد فإنه يتكون من :

* العقد ترسم عادة كدوائر وهى تمثل الأنشطة المكونة للمشروع ، وهى خلاف شبكيات بيرت التى تستخدم العقدة للأحداث (بداية النشاط ونهايته) .

* الأسهم ، تستخدم لتأشير علاقات الأسبقية بين الأنشطة .

على صعيد المقارنة نجد أن شبكيات بيرت ، أى الأنشطة على الأسهم (AOA) ، وتدعى أحياناً الطريقة البيانية للأسهم تظهر وتوضح النشاط والأحداث ، بينما الأنشطة على العقدة (AON) تظهر الأنشطة فقط ، إلا أن الاختلاف الأكثر بروزاً هو فى الجانب التصويرى ، فكما يتساءل (جالاجر و واتسون Gallagher and Watson) : ما الذى يجذب العين ؟ ويجيبنا بأن الدوائر تجذب العين أكثر من الأسهم أو الخطوط ، ومن أجل الوقوف على كيفية بناء شبكيات الأنشطة بكلا الأسلوبين ؛ فإن المثال (٢-١) يوضح الحالات المختلفة وتمثيلها بكلا الأسلوبين . إن التعرف على هذه الحالات يساعد على رسم الشبكيات ، والمثال (٢-١) يوضح كيفية بناء الشبكية بأسلوبى (AOA) و(AON) .

مثال (٢-١) :

ارسم بيانات شبكيات (AOA) و (AON) فى الحالات الآتية :

١- النشاط (أ) يجب أن يسبق النشاط (ب) ، والنشاط (ب) يجب أن يسبق النشاط (ج) بشكل منفصل عن النشاط (و) الذى يجب أن يسبق النشاط (ز) ، والنشاط (ز) يجب أن يسبق النشاط (ح) .

٢- النشاط (أ) يجب أن يكتمل قبل أن يتم البدء بالنشاطين (ب) و (ج) .

٣- النشاط (أ) و (ب) يجب أن يكتملا قبل أن يبدأ النشاط (ج) .

٤- النشاطان (أ) و (ب) يجب أن يكتملا قبل أن يكون ممكنًا البدء بالنشاط (د) ، وأن النشاط (أ) قبل النشاط (ج) ، وأن النشاط (ب) مستقل عن النشاط (ج) .

٥- النشاط (أ) يجب أن يسبق النشاطين (ب) و (ج) ، والنشاطان (ب) و(ج) يجب أن يسبقا النشاط (د) .

الحـــل :

شبكيات (AOA)		شبكيات (AON)

١ -

أ ب ج

و ز ح

٢ -

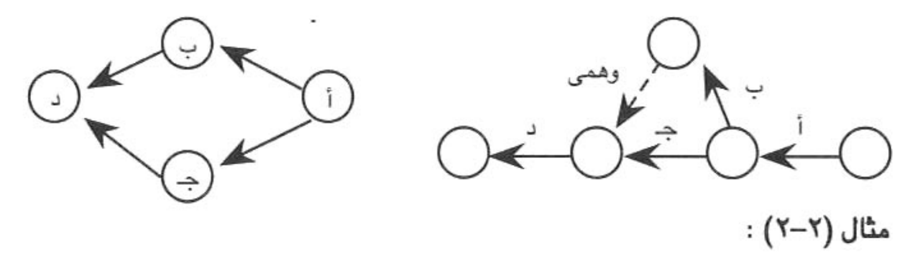
أ ب جـ

٣ -

أ ب جـ

أ جـ وهمى ب د

ملاحظة : إن طول السهم لا علاقة له بوقت النشاط ، أى ليس هناك علاقة تناسبية بين طول السهم والوقت المستغرق لتنفيذ النشاط ، وهذا ينطبق على جميع الشبكيات .



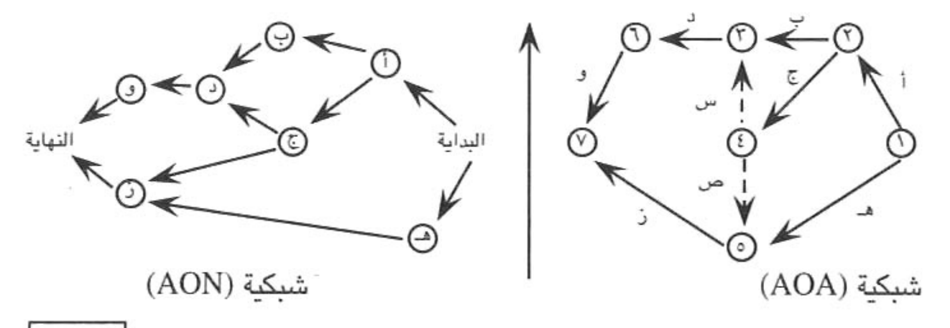
مثال (٢-٢) :

أدناه الأنشطة المكونة لمشروع بناء مخزن جديد وعلاقاته :

النشاط	النشاط الذى يسبقه
أ	لا يوجد
ب	أ
ج	أ
د	ب ، ج
هـ	لا يوجد
و	د
ز	ج ، هـ

١- ارسم شبكية (AOA) وشبكية (AON) ٢- حدد الأنشطة الوهمية فى الشبكية .

الحـل :



٢- النشاطان (س) و (ص) استحدثا كنشاطين وهميين لإظهار علاقات الأسبقية بشكل صحيح .

يلاحظ أن النشاط الوهمى لم يذكر فى الأنشطة المكونة للمشروع كما فى الجدول السابق ، ولكن أحيانًا يتم ذكره ، ويعطى رمزًا معينًا شأنه شأن الأنشطة الأخرى ، ويشار إلى أنه نشاط وهمى ، وكما يلاحظ عدم استخدام النشاط الوهمى فى طريقة (AON) .

٢-٤- إيجاد المسار الحرج :

تتضمن الشبكية مسارًا واحدًا أو مسارات متعددة للأنشطة . والمسار هو تعاقب الأنشطة المترابطة التى تقود من بداية المشروع (العقدة الأولى) إلى نهاية المشروع (العقدة الأخيرة) ، أى أنه تعاقب الأنشطة ذات علاقات الأسبقية من عقدة البداية إلى عقدة النهاية فى المشروع . وينبغى البحث عن المسار الأطول إلى المسار الذى يتطلب أطول وقت يمكن أن يستغرقه المشروع من بدايته إلى نهايته ، والذى يمثل المسار الحرج .

يمكن تعريف المسار الحرج بأنه المسار الذى يستهلك الوقت الأطول خلال الشبكية ، ومن ثم فإن تأخر أى نشاط من الأنشطة التى تقع عليه يؤدى إلى تأخير المشروع كله ؛ لهذا فإن أهمية المسار الحرج تتمثل فى تحديد الأنشطة الحرجة التى تقع عليه ، وإن الحاجة لتقليص وقت المشروع لا يمكن تحقيقها إلا بتقليص المسار الحرج من خلال تقليص وقت واحد أو أكثر من أنشطته الحرجة باستخدام موارد إضافية (تحمل كلفة إضافية) ؛ من أجل تعجيله بما يؤدى إلى تعجيل إكمال المشروع كله .

أما المسارات غير الحرجة ؛ فإنها قد تستعمل أحيانًا على نشاط أو أكثر من الأنشطة الحرجة ، إلا أنها تستغرق وقتًا أقل من وقت المسار الحرج ؛ مما يجعلها ذات فائض أو خامل من الوقت ؛ لذا يكون بالإمكان التأخر فى وقت إنجاز الأنشطة غير الحرجة بمقدار فائض كل نشاط من هذه الأنشطة ؛ لهذا فإننا نرى أن المسارات الأخرى غير المسار الحرج تكون أيضًا ذات أهمية ينبغى دراستها من حين إلى آخر

لسببين : الأول ، هو عند وقوع أحد الأنشطة الحرجة عليها حيث يؤدى تأخر هذا النشاط إلى تأخر المشروع كله . والثانى هو أن تأخر أى نشاط من الأنشطة غير الحرجة ذات العلاقة بأحد الأنشطة الحرجة لوقت يزيد على وقته الفائض سيؤدى إلى تأخر النشاط الحرج ، وبالتالى تأخر المسار الحرج كله ، أى المشروع برمته .

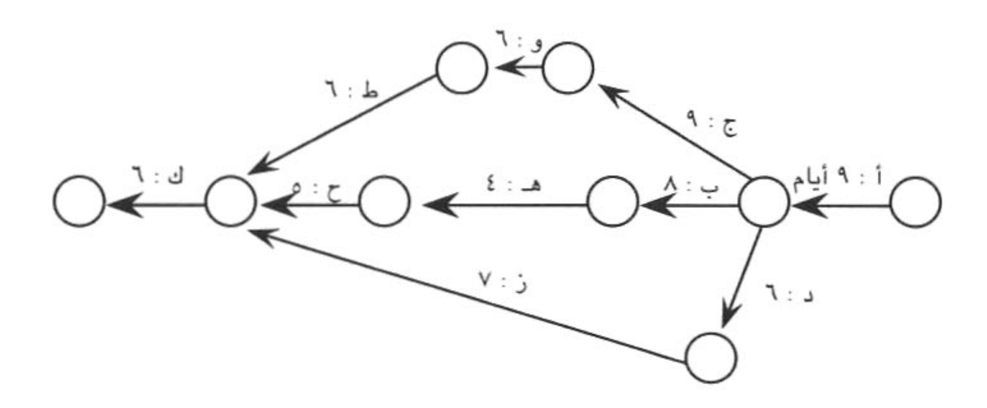
والمسار الحرج يستخدم فى كلا النوعين من الشبكيات : بيرت وطريقة المسار الحرج ، وهو ذو قيمة واحدة من حيث الوقت فى كلا النوعين رغم اختلاف التنويت وشكل الشبكيات المرسومة حسب كل منها ؛ مما يكشف عن حقيقة واضحة فى هذين النوعين هى أن الاختلاف بينهما فى جوانب عديدة منه هو اختلاف شكلى وليس جوهرى . ولإيجاد المسار الحرج فمن الممكن اعتماد المدخل البديهى ؛ وذلك فى الشبكيات البسيطة حيث نقوم باحتساب الوقت المطلوب لكل مسار ، والمسار ذو الوقت الأطول هو المسار الحرج . كمثال على ذلك لنأخذ الشبكية فى الشكل (٢-٣) ؛ حيث يمكن تحديد المسارات المتاحة فى الشبكية وأطوالها هى :

المسار الأول : أ - ب - ج - ح - ك = ٩+٨+٤+٥+٦ =٣٢ يوماً .

المسار الثانى : أ - ج - و - ط - ك = ٩+٩+٦+٤+٦ = ٣٤ يوماً .

المسار الثالث : أ - د - ز - ك = ٩+٦+٧+٦ = ٢٨ يوماً .

الشكل رقم (٢-٣) : شبكية مكونة من عشرة أنشطة



إن المسار الأطول هو المسار الثانى الذى يتكون من الأنشطة (أ - ج - و - ط - ك) ، وبالتالى فإنه يمثل المسار الحرج وأنشطته هى الأنشطة الحرجة ، فى حين أن المسارين الآخرين يمثلان المسار الحرج ؛ لأن طول وقتيهما أقصر منه ، أى أنهما يتضمنان وقتًا فائضًا يمكن تحديده كالآتى :

الوقت الفائض فى المسار الأول = طول المسار الحرج - طول المسار الأول

= ٣٤ - ٣٢ = (٢) يومان .

الوقت الفائض فى المسار الثالث = ٣٤ - ٢٨ = (٦) أيام .

إن الفائض يمثل الوقت الذى يمكن تأخر إنجاز الأنشطة التى تقع على هذين المسارين (الأول والثالث) بشرط ألا يكون التأخر فى الأنشطة الحرجة وهى : النشاطان (أ) و (ك) فى المسار الأول والثالث ، ودون أن يؤدى ذلك إلى تأخر إكمال المشروع فى موعده أى حسب طول المسار الحرج .

٢-٥- تحديد أوقات البدء الأبكر والانتهاء الأبكر :

إن الشبكيات تفترض وضع تقديرات لأوقات الأنشطة ، ووقت النشاط الذى يكون مؤكدًا يحدد الوقت النمطى الاعتيادى لتنفيذ ذلك النشاط ، وأن تحديد أوقات الأنشطة يعتمد على قدرة وخبرة إدارة المشروع أو القائمين على تنفيذه وتجاربها السابقة مع الأنشطة المماثلة ، ويدون وقت النشاط عادةً على السهم الممثل للنشاط فى شبكيات (AOA) وعلى العقدة الممثلة للنشاط أو داخل العقدة نفسها فى شبكيات (AON) . ولغرض تحديد الوقت اللازم لإنجاز الأنشطة المكونة للمشروع يكون ضروريًا احتساب ما يسمى بوقت البدء الأبكر (Earliest Start Time) ويرمز له اختصارًا (ES) ، وسنرمز له (ب ك) وهو يمثل أقرب وقت بالإمكان البدء فيه لتنفيذ نشاط ما ، وكذلك وقت الانتهاء الأبكر (Earliest Finish Time) ويرمز له اختصارًا (EF) ، وسنرمز له (هـ ك) وهو يشير إلى الوقت الأبكر الذى عنده يمكن الانتهاء من النشاط . ولإيجاد أوقات البدء والانتهاء الأبكر ؛ نستخدم ما يدعى المرور للأمام (Forward Pass) الذى يبدأ باحتساب الأنشطة من البداية (عقدة البداية) والتقدم إلى الأمام نحو النهاية (عقدة النهاية) فى الشبكية .

ولاحتساب وقت البدء الأبكر (ب ك) ووقت الانتهاء الأبكر (هـ ك) يمكن الاستعانة بقاعدتين تستخدمان فى هذا المجال هما :

القاعدة الأولى : أن وقت الانتهاء الأبكر (هـ ك) لأى نشاط يكون مساوياً لوقت البدء الأبكر (ب ك) مضافاً إليه الوقت المتوقع للنشاط ، أى

هـ ك = ب ك + و ق - - - - - - - - - - - - - - (٢-١)

حيث و ق = الوقت المتوقع أو الفترة المتوقعة للنشاط .

القاعدة الثانية : بالنسبة للعقد ذات السهم الداخل الواحد ، فإن وقت البدء الأبكر (ب ك) للأنشطة الخارجة من هذه العقد يكون مساوياً لوقت الانتهاء الأبكر (هـ ك) للسهم الداخل . وبالنسبة للعقد ذات الأسهم الداخلة المتعددة ب ، فإن وقت النشاط الأبكر للأنشطة الخارجة من هذه العقد يكون مساوياً لأكبر وقت انتهاء أبكر للأسهم الداخلة .

٢-٦- تحديد أوقات البدء والانتهاء الأكثر تأخيرا :

إذا كانت أوقات البدء والانتهاء الأبكر للأنشطة تقوم على تحديد تعاقب أنشطة المسار خلال الشبكية من بداية المشروع إلى نهايته باستخدام المرور للأمام (Forward Pass) ، فإن أوقات البدء والانتهاء الأكثر تأخيراً تقود إلى تحديد ذلك التعاقب خلال الشبكية من النهاية (عقدة النهاية) إلى بدايته (عقدة البداية باستخدام المرور للخلف . ويمكن أن نحدد وقت البدء الأكثر تأخيراً (The Latest Start Time) ويرمز له (LS) ونرمز له (ب خ) بأنه الوقت أو المرور الأخير الذى يمكن فيه البدء بالنشاط بدون تمديد أو تأخير وقت إكمال المشروع ، أما وقت الانتهاء الأكثر تأخيراً (The Latest Finish Time) ، ويرمز له (LF) ونرمز له (هـ خ) ويمثل الوقت أو إعداد الوقت أو الموعد الأخير الذى إكمال النشاط فيه بدون تمديد أو تأخير وقت إكمال النشاط . ولاحتساب وقت البدء الأكثر تأخيراً (ب خ) يمكن استخدام القاعدتين الآتيتين :

القاعدة الأولى : وقت البدء الأكثر تأخيراً لكل نشاط يكون مساوياً لوقت الانتهاء الأكثر تأخيراً مطروحاً منه الوقت المتوقع للنشاط (و ق) ، أى :

ب خ = هـ خ - و ق - - - - - - - - - - - - - (٢-٢)

القاعدة الثانية : بالنسبة للعقد ذات السهم الخارج الواحد ، فإن وقت الانتهاء الأكثر تأخيراً (هـ خ) للأسهم الداخلة لتلك العقدة يساوى وقت البدء الأكثر تأخيراً (ب خ) للسهم الخارج ، أما بالنسبة إلى العقد ذات الأسهم الخارجية المتعددة ؛ فإن وقت الانتهاء الأكثر تأخيراً (هـ خ) للأسهم الداخلة لتلك العقد ، يساوى وقت البدء الأكثر تأخيراً الأصغر للأسهم الخارجة .

والمثال رقم (٢-٣) يوضح كيفية بناء الشبكية واحتساب أوقات المشروع المختلفة .

مثـال (٢-٣) :

أدناه الأنشطة المطلوبة وأوقاتها بالأيام وعلاقات الأسبقية بينها لأحد المشروعات الجديدة المكونة من ثمانية أنشطة .

الأنشطة	النشاط الذى يسبق	الوقت المتوقع (يوم)
أ	–	٢
ب	أ	٩
ج	أ	٤
و	ب	٣
ز	ب ج	٦
ح	ج	٨
ط	و	٥
ى	ط ، ز ، ح	٧

المطلوب :

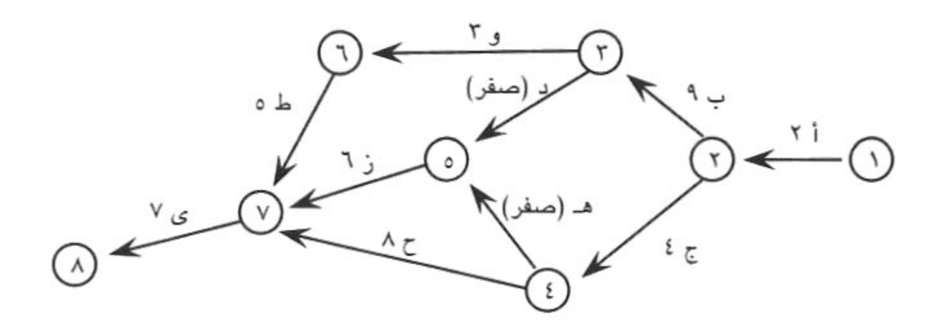
١- بناء شبكية المشروع .

٢- احتساب أوقات البدء و الانتهاء الأبكر للمشروع .

٣- احتساب أوقات البدء والانتهاء الأكثر تأخيراً للمشروع .

الحـــل :

١- بناء شبكية المشروع :



٢- احتساب أوقات البدء والانتهاء الأبكر للمشروع :

إن وقت البدء الأبكر يكون صفراً للنشاط الأولى الذى لا يسبقه نشاط آخر ؛ لذا فإن :

ب ك (١-٢) = صفر .

هـ ك (١-٢) = صفر + ٢ = ٢

يلاحظ أننا قمنا بترقيم العقد حيث كل عقدة تأخذ رقمًا من بداية الشبكية حتى نهايتها . إن وقت الانتهاء الأبكر للنشاط (١-٢) يصبح هو وقت البدء الأبكر للأنشطة التى تعقبه مباشرة (٢-٣) ، و (٢-٤) ، وكذا يمكن احتساب الأنشطة التالية وهى كالآتى :

هـ ك (٢-٣) = ٢ + ٩ = ١١ (وهو وقت البدء الأبكر (ب ك) للنشاط ٣-٦) .

هـ ك (٢-٤) = ٢ + ٤ = ٦ (وهو وقت البدء الأبكر (ب ك) للنشاط ٥-٦) .

هـ ك (٣-٦) = ١١ + ٣ = ١٤

هـ ك (٦-٧) = ١٤ + ٥ = ١٩

هـ ك (٤–٥) = ٦ + صفر = ٦

هـ ك (٥–٧) = ٦ + [٦] = ١٢

هـ ك (٤–٧) = ٦ + [٨] = ١٤

حسب القاعدة الثانية فإن العقدة (٧) تدخلها (٣) أسهم (أنشطة) فإن وقت النشاط الأبكر للنشاط الخارج من هذه العقدة (٧) ، أى النشاط (٧–٨) يكون مساوياً لأكبر وقت انتهاء أبكر للأسهم الداخلة ، وفى حالتنا فإن أكبر وقت انتهاء أبكر (هـ ك) هو (١٩) يوماً والخاص بالنشاط (٦–٧) ، وباستخدامه نحسب وقت الانتهاء الأبكر للنشاط الأخير (٧–٨) :

هـ ك (٧–٨) = ١٩ + ٧ = ٢٦ يوماً .

إذن الوقت المتوقع لإكمال المشروع هو (٢٦) يومًا ، وهو يمثل المسار الحرج فى الشبكية .

٣– احتساب أوقات البدء و الانتهاء الأكثر تأخيرًا للمشروع :

ولاحتساب (ب خ) و (هـ خ) نستخدم – كما أشرنا – الممر الخلفى الذى نبدأ فيه بآخر عقدة النهاية والعمل رجوعًا إلى عقدة البداية . ولنأخذ مثالنا السابق كما فى الشبكية التى وردت فى النشاط (٧–٦) . وقد ظهر عند احتساب أوقات البدء والانتهاء الأبكر ، أن وقت الانتهاء الأبكر(هـ ك) للنشاط الأخير فى الشبكية يساوى (٢٦) يوماً . ولاحتساب (ب خ) و (هـ خ) نبدأ من النشاط الأخير (٧–٨) ؛ حيث إن وقت الانتهاء الأكثر تأخيراً لهذا النشاط يساوى وقت الانتهاء الأبكر للنشاط ، أى أن :

هـ خ $_{(٧-٨)}$ = هـ ك $_{(٧-٨)}$ = ٢٦ يوماً .

نحسب وقت البدء الأكثر تأخيراً للنشاط (٧–٨) وفق القاعدة الأولى :

هـ خ $_{(٧-٨)}$ = ٢٦ – ٧ = ١٩ يوماً .

إن الأنشطة التى تسبق مباشرة النشاط (٧–٨) يجب أن تنتهى عند هذا الوقت (١٩) يومًا يأتى بعده ؛ لكى لا يتأخر هذا النشاط الذى سيؤدى إلى تأخر إكمال

المشروع . إن الأنشطة الثلاثة (٦-٧) و (٥-٧) و (٤-٧) تسبق مباشرة النشاط (٧-٨) ، وكلها يجب أن تنتهى عند هذا الوقت ؛ لذا تكون :

هـ خ $_{(٦-٧)}$ = هـ خ $_{(٥-٧)}$ = هـ خ $_{(٤-٧)}$ = ١٩ يوماً .

أوقات البدء الأكثر تأخيراً لهذه الأنشطة تحسب وفق القاعدة الأولى وهى كالآتى :

هـ خ $_{(٦-٧)}$ = ١٩ - ٥ = ١٤

هـ خ $_{(٥-٧)}$ = ١٩ - ٦ = ١٣

هـ خ $_{(٤-٧)}$ = ١٩ - ٨ = ١١

إن وقت الانتهاء الأكثر تأخيراً للنشاط (٣-٦) = وقت البدء الأكثر تأخيراً للنشاط (٦-٧) = ١٤ . وبنفس الشاكلة فإن هـ خ (٣-٥) = ١٣ ، وكذلك هـ خ (٤-٥) = ١١ .

ب خ $_{(٣-٦)}$ = ١٤ - ٣ = ١١

ب خ $_{(٣-٥)}$ = ١٣ - صفر = ١٣

ب خ $_{(٤-٥)}$ = ١٣ - صفر = ١٣

وطبقًا للقاعدة الثانية فإن العقدة (٣) مثلاً لديها سهمان خارجان منها هما النشاط (٣-١) ذو وقت بدء أكثر تأخيراً (١١) ، والنشاط (٣-٥) ذو وقت بدء أكثر تأخيراً (١٣) ؛ لهذا فإن وقت الانتهاء الأكثر تأخيراً للأسهم الداخلة لهذه العقدة (أى النشاط ٢-٣) يساوى وقت البدء الأكثر تأخيراً الأصغر للأسهم الخارجة أى (١١) يوماً . فحسب بقية أوقات البدء والانتهاء الأكثر تأخيراً للأنشطة ، وحسب القاعدة الثانية فإن :

هـ خ $_{(٢-٤)}$ = ١١

هـ خ $_{(٢-٣)}$ = ١١

وحسب القاعدة الأولى :

ب خ $_{(٢-٤)}$ = ١١ - ٤ = ٧

ب خ $_{(٢-٣)}$ = ١١ - ٩ = ٢

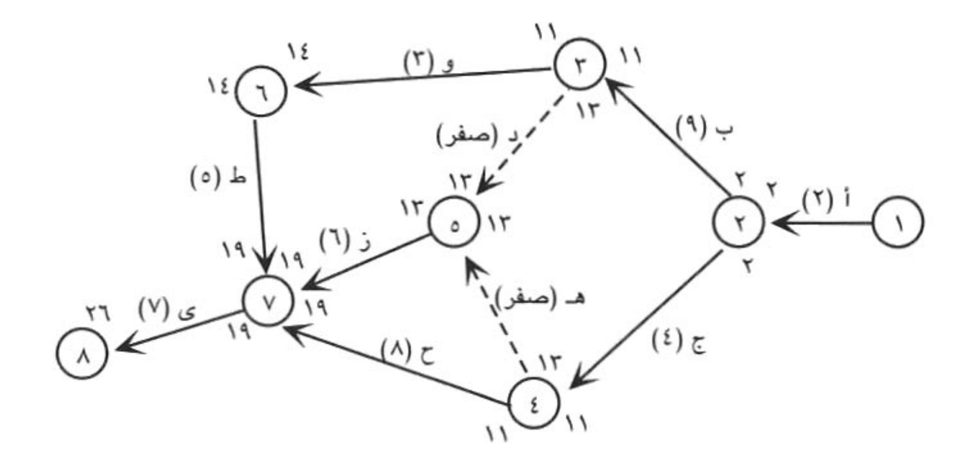
وحسب القاعدة الثانية :

هـ خ $_{(١-٢)}$ = ٢

ب خ $_{(١-٢)}$ = صفر

إن الشكل (٢-٤) أدناه يوضح هذه الحسابات ، كما أن الجدول رقم (٢-٥) يربط بين حسابات المر الأمامى البدء والانتهاء الأبكر للأنشطة وحسابات المر الخلفى لأوقات البدء والانتهاء الأكثر تأخيراً ، إضافة إلى الوقت الفائض الذى يوضح أن أنشطة المسار الحرج (١-٢) (٢-٣) (٣-٦) (٦-٧) و (٧-٨) بدون وقت فائض .

الشكل رقم (٢-٤) : حسابات المر الخلفى لشبكية المشروع



الجدول رقم (٢-٥) : احتساب أوقات (ب ك) (هـ ك) (ب خ) و (هـ خ)

الأنشطة	الوقت المتوقع	ب ك	هـ ك	ب خ	هـ خ	الوقت الفائض
أ	٢	صفر	٢	صفر	٢	صفر
ب	٩	٢	١١	٢	١١	صفر
ج	٤	٢	٦	٧	١١	٥
د	صفر	وهمى				
هـ	صفر	وهمى				
و	٣	١١	١٤	١١	١٤	صفر
ز	٦	١١	١٧	١٣	١٩	٢
ح	٨	٦	١٤	١١	١٩	٥
ط	٥	١٤	١٩	١٤	١٩	صفر
ى	٧	١٩	٢٦	١٩	٢٦	صفر

إن الأنشطة ذات الفائض تعتبر أنشطة غير حرجة ؛ لأنها لا تقع على المسار الحرج ، و يمكن أن يتأخر إنجازها دون أن يؤدى ذلك إلى تأخر إكمال المشروع ، أما الأنشطة التى ليس فيها وقت فائض فهى الأنشطة التى تقع على المسار الحرج ، والتى يؤدى تأخرها إلى تأخر إكمال المشروع كله ، وهذه الأنشطة هى التى تظهر فى الجدول أعلاه بوقت فائض مقداره (صفر) .

٢-٧- الأوقات الفائضة :

إن الوقت الخامل والفائض (Slack Time) فى كل نشاط يمثل مرونة نسبية فى جدولة وتنفيذ هذا النشاط ، والفائض يمثل قدراً من الوقت يمكن للنشاط أن يتأخر خلاله دون أن يؤدى ذلك إلى تأخير إكمال المشروع ، كما أوضحنا فى فقرة سابقة ؛ فإن المسار الحرج يتكون من أنشطة حرجة ليس فيها أى وقت فائض ، وبالتالى فإنها لا يمكن أن تتأخر بدون أن يؤدى إلى تأخير إكمال المشروع كله أو استخدام هذه

الموارد الإضافية . فى حين أن بقية الأنشطة غير الحرجة يمكن أن تتضمن أوقاتاً فائضة تمثل مرونة معينة فى أوقات تنفيذها .

وهناك ثلاثة أنوا ع من الفائض فى وقت الأنشطة هى :

أ - الفائض الكلى ونرمز له (ف ك) ، ويمثل الوقت الاقتصادى الذى يمكن تأخيره بعد وقت بدئه الأبكر بدون أن يؤدى ذلك إلى تأخر إكمال المشروع . ويمكن احتساب الفائض الكلى كفرق بين وقت الانتهاء الأبكر (هـ ك) ووقت البدء الأبكر (ب ك) ، أو كفرق بين وقت الانتهاء الأكثر تأخيراً (هـ خ) ووقت البدء الأكثر تأخيراً (ب خ) ، أى :

ف ك = هـ ك - ب ك ------------ (٢-٣)

أو ف خ = هـ خ - ب خ ------------ (٢-٤)

ب - الفائض الحر ، ويدعى أيضًا الفائض الأدنى ، ونرمز له (ف ح) ، وهو يمثل ذلك الوقت الذى يمكن للنشاط أن يتأخر خلاله دون أن يؤدى ذلك إلى تأخر وقت البدء الأبكر لنشاط أخر ، ويمكن التوصل إلى الفائض الحر باستخدام إحدى الصيغتين :

ف ح = ف ك - الفائض الكلى الأدنى للأنشطة التى تسبق مباشرة .

أو ف ح = وقت البدء الأبكر الأدنى للأنشطة التى تسبق - وقت الانتهاء الأبكر .

إذن الفائض الحر (ف ح) لنشاط ما يكون مساوياً ، أو أقل من الفائض الكلى (ف ك) لذلك النشاط .

ج - الفائض التقاطعى ونرمز له (ف ت) ، وهو يمثل وقت التأخر الممكن الذى إ ا استخدم لنشاط واحد ؛ فلن يؤدى إلى أن تبدأ أنشطة أخرى بعد وقت بدئها الأبكر ، ولكن بدون أن يؤدى إلى تأخر إكمال المشروع فى وقت الانتهاء الأبكر منه . ولإيجاد هذا الفائض يمكن استخدام الصيغة الآتية :

ف ت = ف ك - ف ح ---------- (٢-٥)

يلاحظ من الصيغة (٢-٥) أن الفائض الكلى يمثل مجموع الفائض من النوعين الآخرين أى :

ف ك = ف ح + ف ت .

ولأن الفائض الحر لنشاط ما يكون مساوياً أو أقل من الفائض الكلى لذلك النشاط ، ولأن الفائض الكلى يشمل ضمنياً الفائض التقاطعى ؛ فإن أكثر مديرى المشروعات لا يستخدمون الفائض الحر والفائض التقاطعى والاكتفاء بالفائض الكلى وهذا ما سنتبعه فى المثال (٢-٤) .

مثـال (٢-٤) :

إن الجدول الآتى يتضمن الأنشطة المكونة لمشروع وأوقاتها المتوقعة والأنشطة التى تسبقه .

الأنشطة	الوقت المتوقع (يوم)	النشاط الذى يسبق
أ	٥	–
ب	٨	–
ج	١٣	ب
د	١٨	أ
هـ	١٠	أ
و	١١	هـ
ز	٧	ج ، و
ح	٣	د
ط	٤	هـ
ى	٩	ح ، ط
ك	٢	ز ، ى

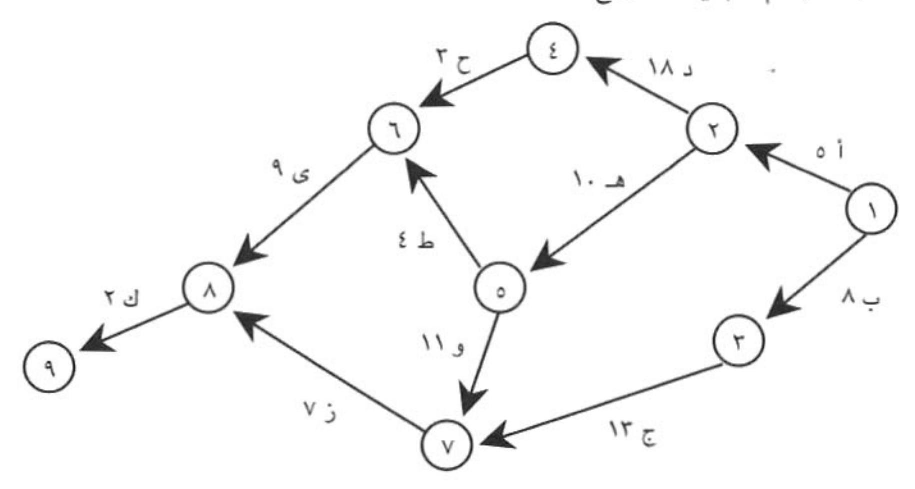
المطلوب :

١- تحديد أوقات البدء والانتهاء الأبكر وأوقات البدء والانتهاء الأكثر تأخيراً للمشروع .

٢- تحديد الوقت الفائض لأنشطة المشروع .

الحـــل :

أولاً : رسم شبكية المشروع .



١- نحسب أوقات البدء والانتهاء الأبكر باستخدام الممر الأمامى .

إن وقت البدء الأبكر (ب ك) للنشاطين الأولين (١-٢) و (١-٣) اللذين لا يسبقهما نشاط يساوى صفراً ، أما وقت الانتهاء الأبكر (هـ ك) فيحسب وفق القاعدة الأولى (هـ ك = ب ك + وق) :

هـ ك $_{(١-٢)}$ = صفر + ٥ = ٥ أيام .

هـ ك $_{(١-٣)}$ = صفر + ٨ = ٨

ب ك $_{(٢-٤)}$ = ٥

ب ك $_{(٢-٥)}$ = ٥

ب ك $_{(٣-٧)}$ = ٨

هـ ك $_{(٢-٤)}$ = ٥ + ١٨ = ٢٣

هـ ك $_{(٢-٥)}$ = ٥ + ١٠ = ١٥

هـ ك $_{(٣-٧)}$ = ٨ + ١٣ = ٢١

ب ك $_{(٤-٦)}$ = ٢٣

ب ك $_{(٥-٦)}$ = ١٥

ب ك $_{(٥-٧)}$ = ١٥

هـ ك $_{(٤-٦)}$ = ٢٣ + ٣ = ٢٦

هـ ك $_{(٥-٦)}$ = ١٥ + ٤ = ١٩

هـ ك $_{(٥-٧)}$ = ١٥ + ١١ = ٢٦

ب ك $_{(٦-٨)}$ = ٢٦

ب ك $_{(٥-٦)}$ = ١٥

ب ك $_{(٧-٨)}$ = ٢٦

يلاحظ أن العقدة (٧) فى الشبكية الآتية يدخلها سهمان (نشاطان) ، وأوقات الانتهاء الأبكر لهما هى :

هـ ك $_{(٥-٧)}$ يساوى (٢٦) ، هـ ك $_{(٣-٧)}$ يساوى (٢١) وحسب القاعدة الثانية ؛ فإن وقت البدء الأبكر للنشاط الخارج من تلك العقدة يأخذ الوقت الأكبر أى (٢٦) .

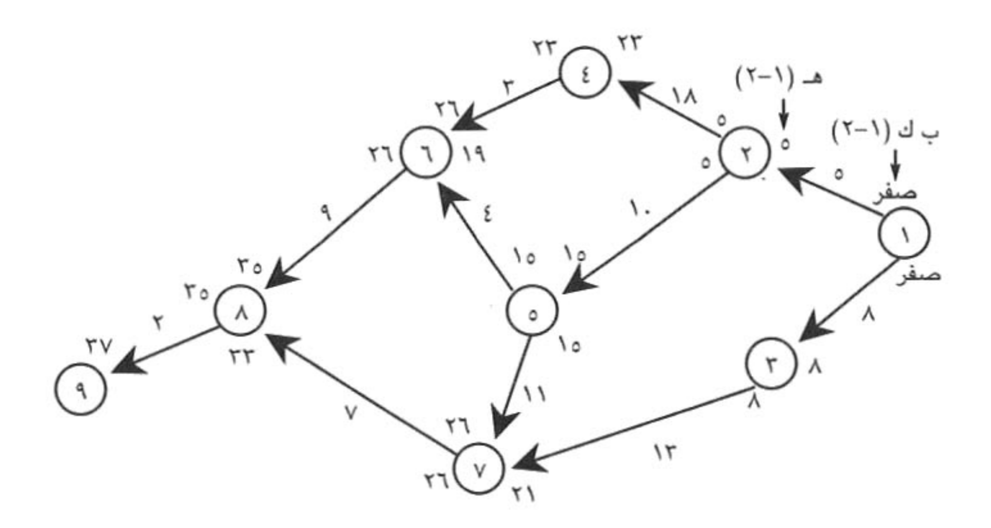
هـ ك $_{(٦-٨)}$ = ٢٦ + ٩ = ٣٥

هـ ك $_{(٧-٨)}$ = ٢٦ + ٧ = ٣٣

يلاحظ أن العقدة (٨) يدخلها سهمان (نشاطان) أوقات الانتهاء الأبكر لهما هى : (٣٥) (٣٣) ؛ لهذا فإن السهم الخارج يأخذ القيمة الأكبر أى (٣٥) ، إذن :

ب ك $_{(٨-٩)}$ = ٣٥

هـ ك $_{(٨-٩)}$ = ٣٥ + ٢ = ٣٧ يوماً .



نحسب أوقات البدء والانتهاء الأكثر تأخيراً باستخدام الممر الخلفى .

نبدأ من العقدة الأخيرة (٩) ؛ حيث إن وقت الانتهاء الأكبر للنشاط الأخير (٨-٩) هو (٣٧) يوماً ، وهو يساوى وقت الانتهاء الأكثر تأخيراً (هـ خ) ، أى :

هـ خ $_{(٨-٩)}$ = هـ ك $_{(٨-٩)}$ = ٣٧ يوماً .

نحسب وقت البدء الأكثر تأخيراً (ب خ) للنشاط (٧-٨) وفق القاعدة الأولى :

ب خ $_{(٨-٩)}$ = ٣٧ - ٢ = ٣٥

ب خ $_{(٨-٣)}$ = هـ خ $_{(٧-٨)}$ = هـ خ $_{(٦-٨)}$ = ٣٥

ب خ $_{(٧-٨)}$ = ٣٥ - ٧ = ٢٨

ب خ $_{(٦-٨)}$ = ٣٥ - ٩ = ٢٦

هـ خ (٥-٧) = ٢٨

هـ خ (٣-٧) = ٢٨

هـ خ (٤-٦) = ٢٦

هـ خ (٥-٦) = ٢٦

ب خ (٥-٧) = ٢٨ - ١١ = ١٧

ب خ (٣-٧) = ٢٨ - ١٣ = ١٥

ب خ (٤-٦) = ٢٦ - ٣ = ٢٣

ب خ (٥-٦) = ٢٦ - ٤ = ٢٢

يلاحظ أن العقدة (٥) يدخلها سهمان (نشاطان) هما (٥-٦) ، ويساوى (٢٢) و (٥-٧) ويساوى (١٧) ، وحسب القاعدة الثانية نأخذ القيمة الأصغر ، أى ب خ (٥-٧) ، وهذا سوف يساوى وقت الانتهاء الأكثر تأخيراً للنشاط (٢-٥) ، إذن :

هـ خ (٢-٥) = ١٧

هـ خ (٢-٥) = ٢٣

ب خ (٢-٥) = ١٧ - ١٠ = ٧

ب خ (٢-٤) = ٢٣ - ١٨ = ٥

يلاحظ أن العقدة (٢) يدخلها سهمان (نشاطان) هما (٢-٥) و (٢-٤) ، وحسب القاعدة الثالثة نأخذ القيمة الأصغر لهذين السهمين الداخلين ، أى أصغر من (٧) و (٥) ، أى أن وقت البدء الأكثر تأخيراً للنشاط (٢-٤) هو الذى يؤخذ ، إذن :

هـ خ (١-٢) = ب خ (٢-٤) = ٥

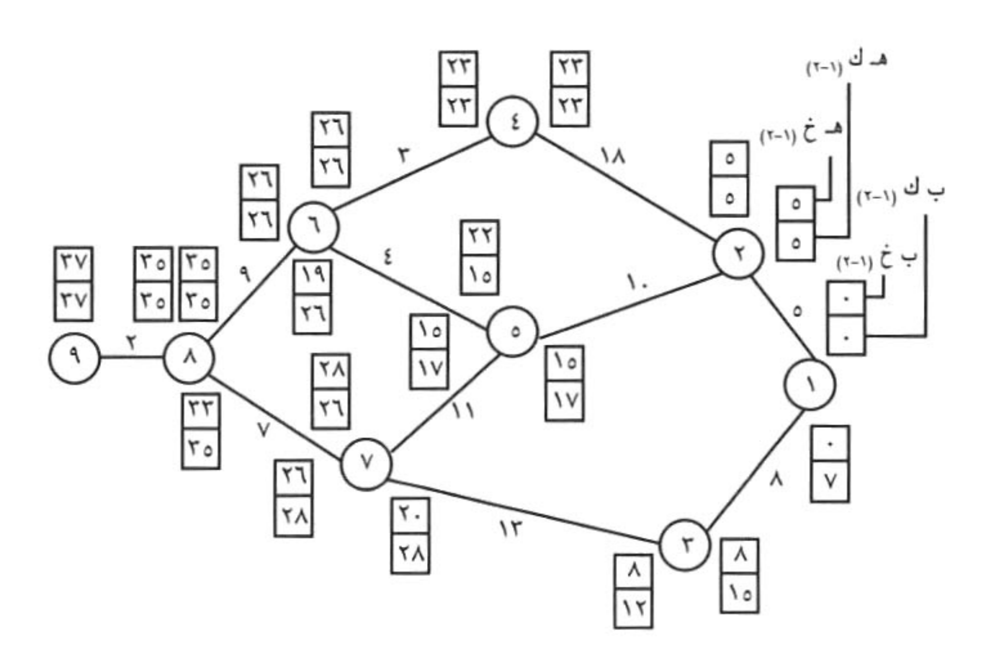
هـ خ (١-٣) = ب خ (٣-٧) = ١٥

ب خ (١-٢) = ٥ − ٥ = صفر

ب خ (١-٣) = ١٥ − ٨ = ٧

إن الشبكية أدناه توضح هذه الحسابات (حسابات الممر الأمامى والممر الخلفى) ، كما أن الجدول الذى سيأتى بعدها يلخص نتائج هذه الحسابات ويحدد الوقت الفائض .

ملاحظة : إن أرقام الخلايا القريبة من أسهم أنشطتها تمثل أوقات البدء والانتهاء الأبكر ، وأرقام الخلايا البعيدة عن الأسهم تمثل أوقات البدء و الانتهاء الأكثر تأخيراً .



الأنشطة	ب ك	هـ ك	ب خ	هـ خ	ف ك
١-٢	صفر	٥	صفر	٥	صفر
١-٣	صفر	٨	٧	١٥	٧
٢-٤	٥	٢٣	٥	٢٣	صفر
٢-٥	٥	١٥	٧	١٧	٢
٣-٧	٨	٢١	١٥	٢٨	٧
٤-٦	٢٣	٢٦	٢٣	٢٦	صفر
٥-٦	١٥	١٩	٢٢	٢٦	٧
٥-٧	١٥	٢٦	١٧	٢٨	٢
٦-٨	٢٦	٣٥	٢٦	٣٥	صفر
٧-٨	٢٦	٣٣	٢٨	٣٥	٢
٨-٩	٣٥	٣٧	٣٥	٣٧	صفر

يتضح من الجدول أن المسار الحرج للمشروع يتمثل فى الأنشطة التى ليس فيها وقت فائض وهى : أ - د - ح - ى .

٢-٨- توزيعات الوقت الاحتمالية / بيرت :

فى الفقرات السابقة كان هناك تقدير واحد لوقت النشاط فى بيرت وطريقة المسار الحرج ، وهذا ما يمكن اعتماده فى المشروعات التى يمكن السيطرة عليها ؛ حيث تعامل تقديرات الوقت على أساس أنها تتم فى ظروف مؤكدة ، وهذا ما يحدث فى المجالات الداخلية (ضمن المصنع مثلاً ، كما هو الحال فى الصيانة الدورية ، حيث تنفيذ أنشطة برنامج الصيانة يعتمد على إدارة الصيانة دون تغيرات لا يمكن السيطرة عليها إلا فى حدود دنيا جداً) . ولكن فى منظمات الأعمال فإن القسم الأكبر من المشروعات والبرامج والمشكلات لا تكون بمثل هذا التأكد ، وإنما تتداخل مع عوامل ومتغيرات وأطراف خارجية تجعل من غير الممكن وضع تقدير ناجح واحد لوقت النشاط ؛ لهذا يكون وقت النشاط هو العنصر الأكثر حرجاً وأهمية فى نجاح التحليل الشبكى . ولمواجهة أى انحراف محتمل فى أوقات الأنشطة فإن المدخل الاحتمالى يكون ملائماً

لمعالجة هذه الانحرافات الممكنة ، وذلك من الأخذ بأكثر من تقدير واحد لوقت النشاط ، ففى ظروف عدم التأكد وهى الظروف التى تطور فيها أسلوب بيرت بالأصل ، كما هو الحال فى مشروعات البحث والتطوير (R and D) – يكون من الملائم من الناحية العملية استخدام ثلاثة تقديرات لوقت النشاط وهى :

- الوقت التفاؤلى هو الوقت الأدنى المطلوب لتنفيذ النشاط ، أو هو الوقت المطلوب فى ظروف مثالية لتنفيذ النشاط ونرمز له بالرمز (أ) .
- الوقت الأكثر ترجيحًا هو الوقت الأكثر احتمالاً الذى يكون مطلوبًا لتنفيذ النشاط ، أو الوقت المطلوب فى ظروف اعتيادية لتنفيذ النشاط ونرمز له بالرمز (ج) .
- الوقت التشاؤمى هو الوقت الأقصى المطلوب لتنفيذ النشاط ، أو هو الوقت المطلوب فى أسوأ الظروف لتنفيذ النشاط ، ونرمز له بالرمز (ب) .

إن مديرى المشروعات يميلون عادةً لتقدير أوقات تشاؤمية للأنشطة التى يكونون مسؤولين عنها ؛ لأن مثل هذه الأوقات تكون هى الأطول ، وتعطيهم مرونة عالية لمواجهة الظروف المحتملة ، إلا أن الجهات الإدارية الأعلى أو الجهات المستفيدة من جانبها تميل عادةً لتقدير أوقات تفاؤلية للأنشطة التى تريد إنجازها بأقصر وقت ممكن ، ولكن هاتين الحالتين المتطرفتين تصطدمان بالظروف الاعتيادية التى لن تكون فى أغلب الأحيان هى الأسوأ (ظروف التشاؤم) ، كما لن تكون فى أغلب الأحيان أيضًا هى المثالية (ظروف التفاؤل) ؛ لهذا يكون التقدير الآخر ، أى الوقت الأكثر ترجيحًا ذو فرصة أكبر (احتمالاً أكبر) فى التحقيق ، ومع ذلك فإن هذا لا يعنى إهمال الحالتين المتطرفتين : التشاؤم والتفاؤل ؛ لهذا ومن أجل استخدام جميع هذه التقديرات نستخدم الوقت المتوقع ونرمز له بالرمز (و ق) ليمثل هذه التقديرات الثلاثة باستخدام الصيغة الآتية :

ولتوضيح استخدام هذه الصيغة لنفرض أن لدينا مشروعًا يتكون من الأنشطة وتقديرات الوقت الثلاثة للأنشطة كما فى الجدول رقم (٢-٦) .

$$\text{و ق} = \frac{\text{أ} + ٤\text{ج} + \text{ب}}{٦} \qquad (٦-٢)$$

الجدول رقم (٢-٦) : تقديرات الوقت الثلاثة للأنشطة

الأنشطة	الوقت التفاؤلى (أ) (يوم)	الوقت الأكثر ترجيحًا (ج) (يوم)	الوقت التشاؤمى (ب) (يوم)
ك	٨	٩	١٠
ص	٩	١٤	٢٥
س	٥	٧	١١

وباستخدام المعادلة (٢-٦) نحصل على :

$$\text{و ق}_{(\text{ك})} = \frac{١٠ + (٩ \times ٤) + ٨}{٦} = ٩ \text{ أيام .}$$

$$\text{و ق}_{(\text{ص})} = \frac{٢٥ + (١٤ \times ٤) + ٩}{٦} = ١٥$$

$$\text{و ق}_{(\text{س})} = \frac{١١ + (٧ \times ٤) + ٥}{٦} = ٧,٢$$

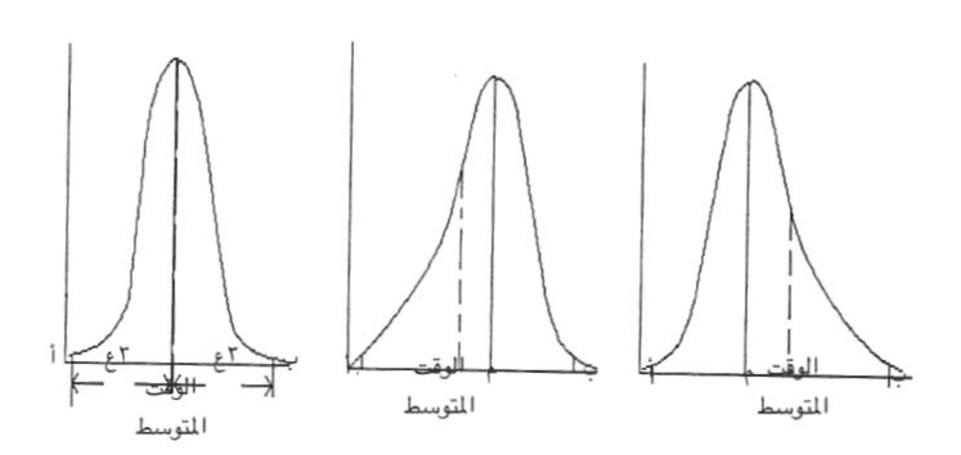
ولأن (أ) تمثل الوقت التفاؤلى و (ب) تمثل الوقت التشاؤمى ، وهما يختلفان فى العلاقة مع (ج) الوقت الأكثر ترجيحًا ؛ لهذا فإن التوزيع الاحتمالى لكل من (أ) و (ب) يكون إلى يسار ويمين (ج) . والواقع أن فريق البحث الذى أدخل أسلوب بيرت أكد على أن توزيع بيتا يلائم توزيع هذه التقديرات لأوقات الأنشطة ؛ لذلك استخدم توزيع بيتا لتحديد المتوسط أو الوقت المتوقع لكل نشاط .

فى التحليل الشبكى فإن وقت كل نشاط يعالج لمتغير عشوائى مشتق من توزيع بيتا الإجمالى . وهذا التوزيع يمكن أن يأخذ أشكالاً مختلفة بما يسمح لتقدير الوقت الأكثر ترجيحًا (ج) أن يقع فى أى موقع بين تقدير الوقت التفاؤلى (أ) وتقدير الوقت التشاؤمى (ب) ، فيمكن أن يكون ملتويًا إلى اليمين أو إلى اليسار أو حتى تماثليًا ؛ مما يعنى أن توزيع بيتا يمكن أن يأخذ أشكالاً عديدة . وأن تقدير الوقت الأكثر ترجيحًا هو منوال توزيع بيتا أو هو الوقت ذو الاحتمال الأكبر فى الظهور . وهذه الحالة لا تكون ممكنة فى التوزيع الطبيعى الذى يكون متماثلاً ؛ حيث إنه يتطلب المنوال ؛ ليكون ذا بعد متساوٍ عند نقاط نهايتى التوزيع . والشكل رقم (٢-٧-أ) يوضح توزيع بيتا

الملتوى إلى اليمين ، وفى (ب) الملتوى إلى اليسار . فى حين يمثل فى (ج) التوزيع الطبيعى الذى فيه يكون الوقت المتوسط تقريبًا هو نفس الوقت الأكثر ترجيحًا . إذا كانت (أ) تبعد عن (ب) ستة انحرافات معيارية ؛ فإن وقت النشاط الفعلى سيقع بينهما بنسبة (٩٩,٤٧٪) ، مع التأكيد على أن المشروعات لا يمكن تقدير أوقاتها بثقة (١٠٠٪) سواء بالحد الأدنى التفاؤلى والأقصى التشاؤمى للوقت ؛ لهذا يتم البحث عن تقديرات بنسبة ثقة (٩٥٪) ، ولعل هذا يوضح صعوبة أساسية فى صعوبة التقدير الفعلى لأوقات الأنشطة المختلفة فى الشبكيات .

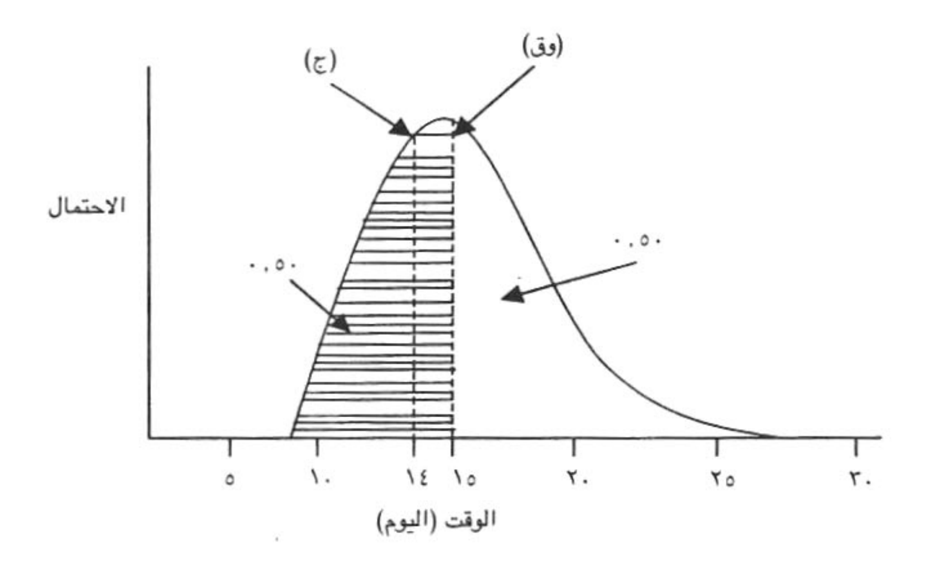
الشكل رقم (٢–٧) : توزيع بيتا والتوزيع الطبيعى

أ – الملتوى إلى اليمين ب – الملتوى إلى اليسار ج – التوزيع الطبيعى



وإذا ما عدنا إلى مثالنا ، وأخذنا النشاط (ص) ، وعلى أساس توزيع بيتا لتقديرات الوقت الثلاثة والوقت المتوقع (و ق) لهذا النشاط ؛ فإن الشكل رقم (٢–٨) يوضح التوزيع الاحتمالى لهذا التقديرات فى بيرت .

الشكل رقم (٢-٨) : التوزيع الاحتمالى لتقديرات أوقات بيرت



إن الوقت المتوقع (و ق) للنشاط يمثل متوسطاً معدلاً للتقديرات الثلاثة ، إلا أن السؤال الذى يمكن أن يطرح هو : لماذا نستخدم التقديرات الثلاثة وفيما بعد الوقت المتوقع (و ق) ، ولماذا لا نعتمد فقط على التقديرات البسيطة للأوقات المتوقعة ؟ والإجابة عن هذا الأسئلة تكمن فى أننا نحتاج أن نعرف درجة التعويل على تقدير الوقت ؛ فإذا الوقت المطلوب لإكمال النشاط متغير بدرجة كبيرة (أى أن مدى التقدير من الوقت المتفائل إلى الوقت المتشائم كبير جداً ؛ فإن الوقت المتوقع (و ق) سيكون أقل ثقة من النشاط الآخر ذى مدى التقدير الضيق . فلو عدنا إلى النشاط (ص) نجد أن تقديرات الوقت الثلاثة هى : (٩) ، (١٤) و (٢٥) ، والوقت المتوقع (و ق) هو (١٥) ، وهذه التقديرات ذات مدى تغير كبير ، وبالتالى تكون أقل ثقة مما لو كانت هذه التقديرات

مثلاً هى : (١٤) ، (١٥) و (١٦) ؛ حيث إن هذه الأخيرة تكون أقل قدرة على التغير وأكثر ثقة ؛ لذلك فإن المدى الواسع للتقديرات يمثل درجة أكبر من عدم التأكد ، ويكون الوقت المتوقع موضع شك أكبر ، أى أن احتمال إكمال النشاط (أو المشروع) فى موعده يكون قليلاً ، إن مزية تقديرات الوقت الثلاثة هى فى إمكانية احتساب التشتت لأوقات النشاط ، وبالتالى استخدام هذه المعلومات ؛ لتقييم عدم التأكد فى إكمال المشروع فى موعده . وفى بيرت كما فى المشكلات الإحصائية الأخرى ؛ فإن التباين هو المقياس المستخدم لوصف التشتت أو التغير فى تقديرات وقت النشاط .

إن التباين هو مربع الانحراف المعيارى (ع) ، ويمكن احتساب الانحراف المعيارى لوقت النشاط باعتباره سدس (١/٦) الفرق بين تقديرات الوقت المتشائم والمتفائل .

$$\text{الانحراف المعيارى (ع)} = \frac{\text{ب} - \text{أ}}{٦}$$

$$\text{إذن} \therefore \text{التباين} (\text{ع}^{٢}) = \left[\frac{(\text{ب} - \text{أ})}{٦}\right]^{٢} \quad \text{أو} \quad \frac{(\text{ب} - \text{أ})^{٢}}{٣٦} \quad \text{———} \quad (٢-٧)$$

إذا أخذنا مرة أخرى الأنشطة فى الجدول (٢-٦) يمكن احتساب الانحراف المعيارى والتباين لها كالآتى :

$$\text{ع ك} = \frac{١٠ - ٨}{٦} = ٠,٣٣$$

$$\text{ع}_{\text{ك}}^{٢} = (٠,٣٣) = ٠,١١$$

$$\text{ع ص} = \frac{٢٥ - ٩}{٦} = ٢,٦٧$$

$$\text{ع ص ٢} = (٢,٦٧)^{٢} = ٧,١٣$$

$$ع\,(س) = \frac{11 - 5}{6} = 1,00$$

$$ع\,(س)^{2} = (1)^{2} = 1$$

الأنشطة	أ	ج	ب	و ق	ع	ع^{2}
ك	٨	٩	١٠	٩	٠,٣٣	٠,١١
ص	٩	١٤	٢٥	١٥	٢,٦٧	٧,١٣
س	٥	٧	١١	٧,٣	١,٠٠	١,٠٠

رغم افتراضنا توزيع بيتا فى التحليل الشبكى ؛ فإن هذا التحليل يقوم على نظرية الحد المركزى التى تفترض الانتظار بغض النظر عن التوزيع الأصلى للأنشطة المنفردة . وفيما يتعلق بهذا الجانب فلا فرق فى أن يكون التوزيع الحقيقى هو توزيع بيتا أو ما يشابه ذلك . ولقد احتسبنا الوقت المتوقع (و ق) والانحراف المعيارى والتباين لأوقات الأنشطة ، وعلى افتراض أن تقديرات وقت هذه الأنشطة هى متغيرات عشوائية ، وأن متوسطها هو أيضًا متغير عشوائى ، وأن أنشطة الشبكية هى متغيرات مستقلة إحصائيًا ؛ لهذا وحسب نظرية الحد المركزى ، فإن متوسط الأنشطة وبشكل تقريبى موزع توزيعًا طبيعيًا ؛ لهذا من الممكن أن نسأل عن احتمال إكمال كل نشاط فى موعد معين ، واستنادًا إلى مستوى الثقة المرغوب . فمثلاً إن النشاط (ص) كان وقته المتوقع (١٥) يومًا ، ماهو احتمال إكمال هذا النشاط فى (١٦) يومًا ، والإجابة عن ذلك تكون بتحديد المساحة تحت المنحنى باستخدام الصيغة الآتية مع الاستعانة بجدول المساحة تحت المنحنى الطبيعى حيث :

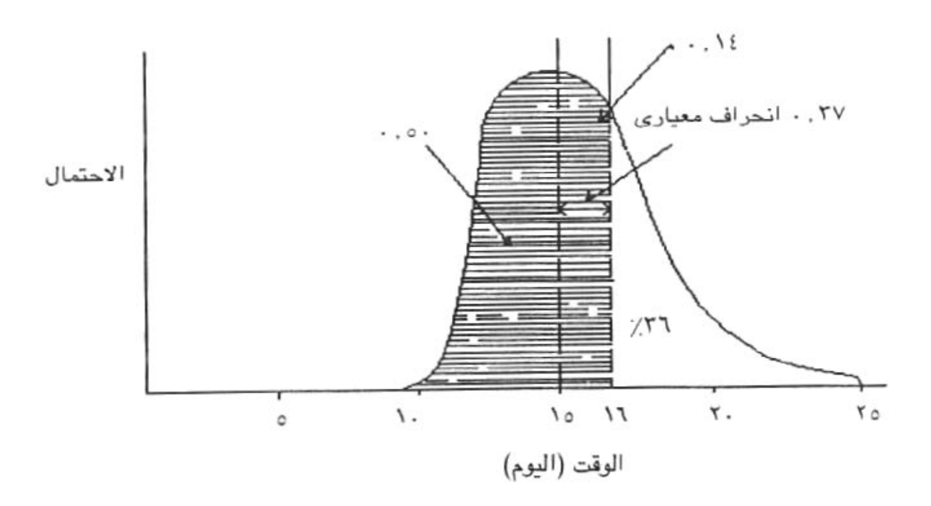
$$م = \frac{\text{الفرق المطلق عن المتوسط}}{\text{الانحراف المعيارى}} = \frac{\text{(الوقت المعنى – الوقت المتوقع)}}{\text{الانحراف المعيارى}} \quad \text{———— (٢–٨)}$$

حيث (م) تمثل القيمة القياسية للإحداثى السينى الممثل للفترة المطلوبة (للوقت المعنى) ، أى تمثل المساحة بين إحداثى المتوسط (الوقت المتوقع) والوقت المعنى تحت المنحنى ، أى :

$$م = \frac{١٦ - ١٥}{٢,٦٧} = ٠,٣٧ \text{ انحراف معيارى .}$$

وباستخدام الجدول فى الملحق (ب) والبحث فى العمود (٠,٠٧) والصف (٠,٣) عما يقابل (٠,٣٧) ، نجد أن المساحة تحت المنحنى والتى تقع بين الأحداث هى تقريبًا (٠,١٤) ، ولذلك فإن المساحة التى إلى اليسار (١٦) يومًا تكون (٠,٥٠+٠,١٤ = ٠,٦٤) ، أى أن احتمال اكتمال النشاط (ص) فى (١٦) يومًا هو (٦٤٪) . وبعبارة أخرى فإن احتمال تأخر إكمال المشروع إلى ما بعد (١٦) يومًا يساوى (٣٦٪) . إن الشكل رقم (٢-٩) يوضح ذلك ؛ حيث إن الوقت المعنى (١٦) يومًا يضيف مساحة تحت المنحنى (٠,١٤) بين الأحداث بين (١٥) يومًا ، و (١٦) يومًا إلى احتمال (٠,٥٠) الذى يمثل المساحة تحت المنحنى إلى اليسار المتوسط .

الشكل رقم (٢-٩) : احتمال إكمال النشاط (ص) فى (١٦) يومًا



من الواضح أن احتمال اكتمال كل نشاط يؤدى إلى زيادة الجهد الحسابى ، كما أنه قد لا يكون ضرورياً بنفس القدر الذى يمثله احتمال إكمال المشروع كله ، إضافة إلى أن الأنشطة لا توجد مفصلة ، أى أنها ترتبط بأنشطة أخرى ضمن المسار الذى يقع فيه ؛ لهذا يتم اللجوء إلى إجراء الحسابات على المسارات (التى من الممكن أن توجد منفصلة عن بعضها) وليس على الأنشطة المكونة لها . ولتوضيح ذلك لنفرض أن الأنشطة (ك ، ص ، س) الواردة فى الجدول (٢-٦) تمثل مساراً حرجًا للمشروع ، حيث الوقت المتوقع (و ق) للأنشطة الثلاثة هو (٩ + ١٥ + ٧,٣ = ٣١,٣) ، ويتم احتساب الانحراف المعيارى للمسار الحرج (الانحراف المعيارى للمشروع) وفق الصيغة الآتية :

$$ع_{\text{المسار الحرج}} = ع_{\text{المشروع}} = \sqrt{\text{مج تباينات أنشطة المسار}} = \sqrt{ع^{٢}_{ك} + ع^{٢}_{ص} + ع^{٢}_{س}} \quad --- \quad (٢-٩)$$

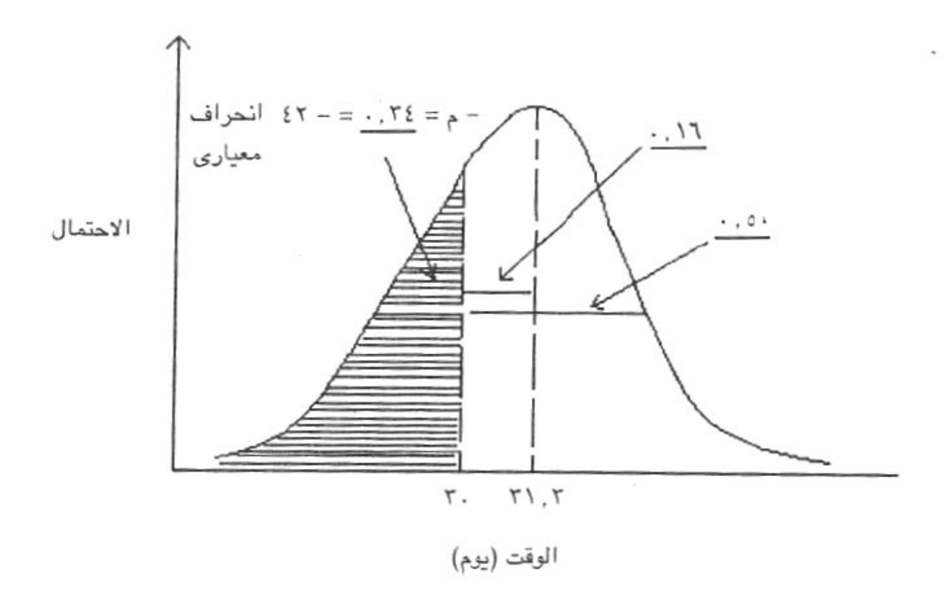
$$= \sqrt{٠,١١ + ٧,١٣ + ١,٠٠} = \sqrt{٨,٢٤} = ٢,٨٧$$

والآن ما هو احتمال اكتمال المشروع فى (٣٠) يومًا ؟ للإجابة نستخدم الصيغة (٢-٨) وهى كالآتى :

$$م = \frac{٣٠ - ٣١,٣}{٢,٨٧} = \frac{-١,٣}{٢,٨٧} = ٠,٤٢$$

ومن الجدول فى الملحق (ج) نجد أن المساحة تحت المنحنى التى تقابل (-٠,٤٢) وهى تقريبًا (٠,٣٤) . ومن الشكل (٢-١٠) نلاحظ أن إكمال المشروع فى (٣٠) يومًا والذى مساره الحرج يتطلب (٣١,٣) يوم ، يكون ذا احتمال ضعيف هو (٣٤٪) ، أى أن احتمال عدم إكماله فى (٣٠) يومًا هو (٦٦٪) .

الشكل رقم (٢-١٠) : احتمال إكمال المشروع فى (٣٠) يومًا



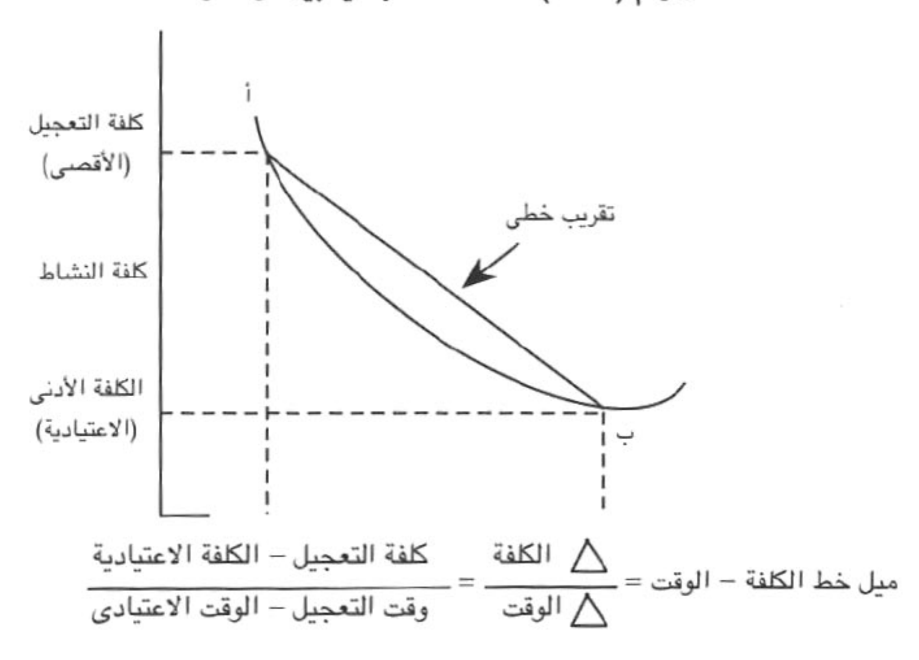
٢-٩- شبكيات بيرت / الكلفة :

إن الشبكيات التى تم التطرق إليها فى الفقرات السابقة تعتمد على الوقت فقط ، أى أن العامل الحرج ومقياس الفاعلية هو الوقت فقط ، وهذه الشبكيات تدعى بيرت / الوقت ، ولكن هذا الاستخدام للشبكيات قد يكون مقبولاً فى بعض الحالات إلا أنه لا يكون كذلك فى كثير من الحالات ، والسبب يعود إلى عاملين أساسيين فى هذا الاستخدام هما : الأول ، هو أن شبكيات بيرت / الوقت لا تسمح بالتركيز المباشر على الكلفة رغم أنها عامل مهم فى تقييم أداء المديرين والشركات ، والثانى ، أنها لا تحقق تكامل أنشطة التخطيط والرقابة على الشبكيات مع الخطط المالية والموازنة فى الشركات ؛ لهذا يكون من الضرورى توسيع شبكيات بيرت / الوقت ؛ لتشمل عامل الكلفة ، وهذا ما يتم تحقيقه من خلال شبكيات بيرت / الكلفة .

إن تنفيذ المشروعات يتم عادة باستخدام موارد معينة تتناسب مع الوقت الاعتيادى المطلوب لإنجاز أنشطته ، ويمكن أيضًا باستخدام موارد إضافية تخفيض وقت هذه الأنشطة ، وبالتالى وقت إكمال المشروع كله ، ومن الضرورى دراسة مثل هذه الحالات ؛ من أجل تحقيق المنافع الاقتصادية الممكنة ، وهذا ما يحصل فى شبكيات بيرت والمسار الحرج من خلال ما يدعى بمبادلة الوقت بالكلفة ؛ فبعض المشروعات قد يتأخر فيها نشاط أو أكثر من الأنشطة الحرجة ؛ مما يؤدى إلى احتمال تأخر إكمال المشروع كله ، والتعرض لتحمل دفع جزاءات بسبب التأخر ؛ لهذا تسعى إدارة المشروع لتجنب هذه الجزاءات من خلال استخدام موارد إضافية لتعجيل تنفيذ الأنشطة الحرجة الأخرى لإكمال المشروع فى موعده .

لابد من التأكيد على أن تقدير أوقات الأنشطة يتطلب بالمقابل تقدير الموارد المطلوبة لتنفيذها ؛ مما يعنى بالضرورة أن هناك علاقة تبادلية مابين الموارد والوقت فى حدود معينة ، بمعنى أن أغلب الأنشطة يمكن تنفيذه بأكثر من طريقة واحدة وبأكثر من تقدير للوقت وفق الموارد المستخدمة ، فإذا كان الوقت الاعتيادى يتطلب قدرًا معينًا من المواد ؛ فإن الوقت المعجل يتطلب موارد أكبر تتناسب مع فترة التعجيل وكلفة التعجيل فى وحدة الزمن (يوم أو أسبوع وغيرها) ؛ لهذا يمكن أن نشير إلى وجود تركيبات متعددة للكلف (الموارد) والوقت المطلوب لكل نشاط ، وبعلاقة خطية يمكن رسمها بيانيًا من خلال الشكل البيانى للوقت والكلفة ، كما هو واضح فى الشكل رقم (٢-١١) .

الشكل رقم (٢-١١) : العلاقات التبادلية بين الوقت والكلفة

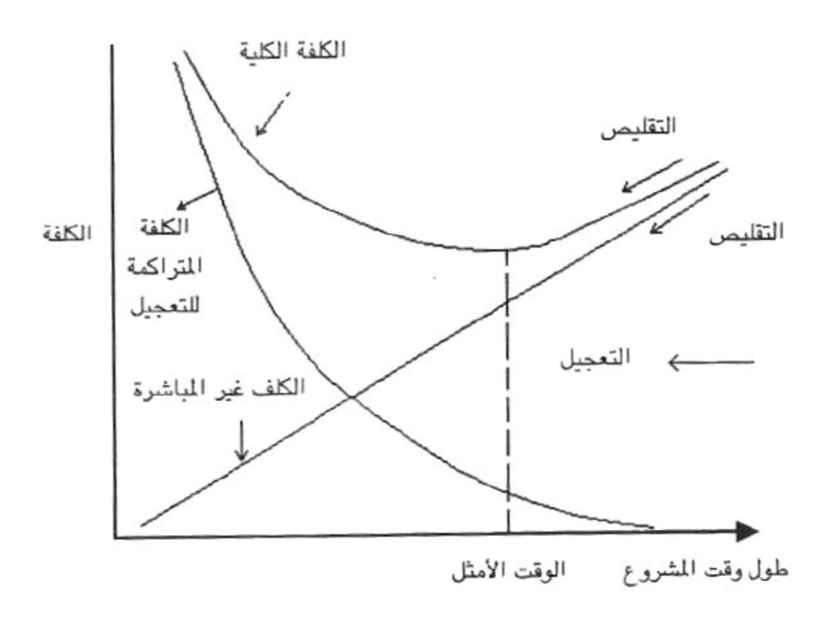


إن الطبيعة العامة للكلف المباشرة تتسم بميلها فى البداية للانحدار بسبب التوازن الأفضل بين الموارد (الكلف) والوقت ، وبعدها تبدأ بالارتفاع مشيرةً إلى استخدام أقل كفاءة للموارد ، إن نقاط خط الاتصال المتقطع (أ) و (ب) تعطى تقريبًا خطيًا لمنحنى (أ ب) حيث (أ) تمثل الكلفة الأقصى فى الوقت المعجل الأقصى ، فى حين أن (ب) تمثل الكلفة الأدنى لإنجاز النشاط فى الوقت الاعتيادى (الأقصى) للنشاط . وإذا رسمنا منحنى الكلفة المباشرة للمشروع ؛ فإنه سيكون مشابهًا بالشكل لذلك النشاط الواحد .

إن الكلف غير المباشرة (كما هو الحال فى الجزاءات) تكون أيضًا ذات علاقة خطية مع وقت التأخير ، وبنفس الطريقة تكون العلاقة خطية فى أحيان كثيرة بين التعجيل والمنافع الاقتصادية المتحققة ؛ فقد تعمل إدارة المشروع من أجل التعجيل لتحقيق هذه

المنافع من خلال خفض الكلف غير المباشرة المترافقة مع استمرار المشروع مثل كلف الآلات والإشراف والأفراد ؛ حيث تستمر فى تعجيل الأنشطة مادامت كلفة التعجيل أقل من المنافع المتحققة منه ؛ حتى تصل كلفة التعجيل إلى مستوى تصبح فيه أكبر من المنافع المتحققة والشكل رقم (٢-١٢) يوضح أن التعجيل يخفض الكلف غير المباشرة ، ويزيد الكلف المباشرة ، وعند نقطة معينة (نقطة الكلفة الكلية الأدنى) يمكن أن يتحدد مستوى التعجيل المطلوب الذى يسبق الحد الأدنى من كلا النوعين من الكلف المباشرة وغير المباشرة .

الشكل رقم (٢-١٢) : أنشطة التعجيل وعلاقته بالكلف غير المباشرة



إن عملية التعجيل وهى تنفيذ النشاط (أو المشروع) فى وقت أقصر باستخدام موارد إضافية - تستلزم معرفة كلفة كل نشاط بصورة عامة وكلفة تعجيله فى كل وحدة وقت ، وبشكل عام فإن القيام بعملية التعجيل يتطلب معلومات أساسية عن :

أ - التوصل إلى تقديرات الأوقات الاعتيادية والمعجلة والكلف المتعلقة بكل نشاط من أنشطة المشروع .

ب- تحديد أطوال المسارات والأوقات الفائضة فيها .

ج- تحديد المسار الحرج والأنشطة الواقعية عليه .

د- البدء بالأنشطة الحرجة (الواقعة على المسار الحرج) ؛ من أجل تعجيلها بعد ترتيبها تنازليًا حسب كلفة التعجيل ؛ فيكون التعجيل أولاً بالأنشطة الحرجة الأقل كلفة ، والاستمرار بذلك مع مراعاة عاملين أساسيين : الأول هو الاستمرار بالتعجيل إذا لم تتجاوز كلف هذا التعجيل المنافع المتحققة ، والثانى : أن التعجيل يجب أن يتم فى المسار الحرج مع مراعاة أن تقلص المسار الحرج قد يجعل المسارات الأخرى حرجةً أيضًا ؛ مما يتطلب تقليصًا متزامنًا فى مسارين أو أكثر ؛ حيث فى بعض الحالات يكون اقتصاديًا تقليص النشاط المشترك الذى يقع على مسارين حرجين أو أكثر ؛ لأن كلفة التعجيل تكون أقل مما لو تم التعجيل فى كل نشاط على انفراد .

لنفرض أن عملية إدخال الآلات الجديدة ونصبها ، وتدريب العمال عليها ، وتهيئة الآلات والمواد الأولية من أجل الإنتاج - تحتاج إلى أنشطة معينة يمكن تعجيلها بالكلفة كما هو مبين فى الجدول رقم (٢-١٣) الآتى :

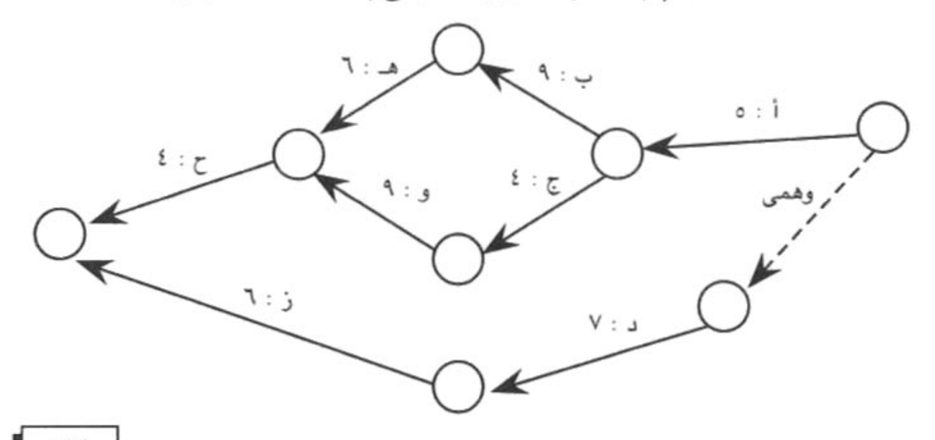
الجدول رقم (٢-١٣) : مشروع إدخال الآلات الجديدة

الأنشطة	النشاط الذى يسبقه مباشرة	الوقت الاعتيادى (أسبوع)	كلفة التعجيل أسبوع/ دينار	العدد الأقصى لأسابيع التعجيل
أ	–	٥	٢٠٠	٢
ب	أ	٩	١٢٥٠	٣
ج	أ	٤	٢٥٠	١
د	–	٧	٣٠٠	١
هـ	ب	٦	٨٠٠	٣
و	ج	٩	– لا يمكن تعجيله	–
ز	د	٦	٥٠٠	٢
ح	هـ ، و ، ز	٤	٧٠٠	١

إذا كانت الكلف غير المباشرة التى يتحملها المشروع كل أسبوع (١٢٠٠) دينار ، فماهى العلاقة المثلى بين الوقت / الكلفة ؟ ومن أجل الإجابة بشكل أكثر تفصيلاً بهدف التوضيح ؛ نقوم بعمل الآتى :

أولاً : رسم شبكية المشروع كما يظهر فى الشكل (٢-١٤) . يلاحظ أننا استخدمنا النشاط الوهمى ؛ لأن لكل شبكية عقدة بداية واحدة .

الشكل رقم (٢-١٤) : شبكية مشروع إدخال الآلات الجديدة



ثانيًا : تحديد المسارات فى الشبكية ومنها المسار الحرج وأطوالها .

المسارات	أطوالها (أسبوع)	
أ - ب - هـ - ح	٢٤	المسار الحرج
أ - ج - و - ح	٢٢	-
د - ز	١٣	-

نلاحظ أن المسار الحرج (٢٤) أسبوعًا والمسار الذى هو أقرب إلى المسار الحرج (٢٢) أسبوعًا متقاربان ، وأن النشاطين (أ) و (ح) هما نشاطان مشتركان .

ثالثًا : ترتيب أنشطة المسار الحرج بشكل تنازلى حسب كلفة التعجيل والعدد الأقصى الممكن لأسابيع التعجيل وهى كالآتى :

النشاط	كلفة التعجيل (أسبوع / دينار)	العدد الأقصى لأسابيع التعجيل
أ	٢٠٠	٢
ح	٧٠٠	١
هـ	٨٠٠	٣
ب	١٢٥٠	٣

رابعًا : البدء بتعجيل النشاط ذى أقل كلفة تعجيل ، وفى هذه الحالة النشاط (أ) هو الأقل كلفة ، ومن الأفضل أن يتم التخفيض بهذا النشاط ؛ لأنه نشاط مشترك فى المسارين المتقاربين الأساسيين فى الشبكية . كما أن من الأفضل أن تقوم بالتخفيض لأسبوع واحد ، وتفحص المسارات للتأكد من المسار الحرج وحالة المسارات الأخرى ، وبتخفيض النشاط (أ) بيوم واحد وبكلفة (٢٠٠) دينار ؛ يكون المسار هو : (أ - ب - هـ - ح) وطوله (٢٣) أسبوعًا ، وهو المسار الحرج ؛ لأن المسار الآخر (أ - ج - و - ح) يصبح طوله (٢١) أسبوعًا بعد تخفيض النشاط (أ) أسبوعًا واحدًا ؛ ولأن بالإمكان تعجيل النشاط (أ) لأسبوع آخر و بكلفة (٢٠٠) دينار وهى كلفة أدنى بالمقارنة مع كلفة تعجيل الأنشطة الأخرى ؛ لهذا نقوم بهذا التعجيل فيكون وقت النشاط المعجّل (أ) هو أسبوعين ، ويظل المسار : (أ - ب - هـ - ح) وطوله (٢٢) أسبوعًا هو المسار الحرج ؛

لأن المسار الآخر (أ - ج - و- ح) طوله (٢٠) أسبوعًا بعد تعجيل النشاط (أ) بأسبوعين ، أما المسار الأخير (د ، ز) فإنه بدون تعجيل وطوله (١٣) أسبوعاً .

نواصل عملية التعجيل بالنشاط (ح) بعد أن أصبح النشاط (أ) غير قابل للتعجيل ؛ لأن العدد الأقصى لأسابيع التعجيل قد استنفذ كله . نقوم بتعجيل النشاط (ح) أسبوعًا واحدًا بكلفة (٧٠٠) دينار ؛ ولأن هذا النشاط مرة أخرى هو نشاط مشترك فى المسارين المتقاربين ؛ فإن المسار نفسه (أ - ب - هـ - ح) وطوله (٢١) أسبوعاً بعد تخفيض النشاط (ح) هو المسار الحرج . وبعدها لا يمكن تعجيل النشاط (ح) لاستنفاذ العدد الأقصى لأسابيع التعجيل . لنبدأ بعده فى تخفيض (تعجيل) النشاط (هـ) وهو نشاط مستقل بأسبوع واحد وبكلفة (٨٠٠) دينار (وهى أقل من الكلف غير المباشرة ١٢٠٠ دينار / أسبوع) ، ولأن المسار (أ - ب - هـ - ح) يظل هو المسار الحرج ؛ نقوم ثانية بتخفيض النشاط (هـ) بأسبوع ثانٍ وبكلفة (٨٠٠) دينار ؛ ليصبح المسار الحرج (أ - ب - هـ - ح) طوله (٢٠) أسبوعًا مساويًا لطول المسار الآخر (أ - ج - و - ح) الذى أصبح بدوره مسارًا حرجًا ثانيًا .

والآن فلندرس إمكانات التعجيل ، ويمكن أن نلاحظ أن النشاطين المشتركين (أ) و (ح) قد استنفدا وأصبح من غير الممكن تعجيلهما ، أما الأنشطة الأخرى فهى الأنشطة المستقلة وكلفتها كالآتى :

المسارات	الأنشطة	كلفة التعجيل (أسبوع / دينار)
المسار الأول	ب	١٢٥٠
	هـ	٨٠٠٠
المسار الثانى	ج	٢٥٠
	و	- لا يمكن تعجيله

نلاحظ من البيانات السابقة أن (هـ) على المسار الأول يمكن تعجيلها بكلفة (٨٠٠) دينار للأسبوع الواحد ، وهذا التعجيل لا يكون ذا أهمية أو جدوى إذا لم يتم فى الوقت نفسه تعجيل النشاط (ج) وبكلفة (٢٥) ديناراً ؛ من أجل تقليص المسارين الحرجين بأسبوع واحد ، وهذا ما ينبغى القيام به ؛ لأن كلفة التعجيل للنشاطين (هـ) و (ج) هى

(٨٠٠+٢٥٠ = ١٠٥٠ ديناراً) وهى أقل من الكلفة غير المباشرة التى تحملها المشروع عن استمرار العمل الأسبوع (١٢٠٠) دينار . وبعدها لا يمكن تعجيل المشروع ؛ لأن النشاط (هـ) قد استنفذ كل الأسابيع المتاحة من أجل التعجيل وكذلك النشاط (ج) ، كما أن تعجيل النشاط (ب) غير اقتصادى ؛ لأن كلفة (١٢٥٠) دينار / أسبوع هى أكبر من الكلفة غير المباشرة للمشروع ، إضافة إلى أن تعجيل النشاط (ب) لا أهمية له ؛ لأن المسار الثانى سيظل هو المسار الحرج . إن الجدول رقم (٢-١٥) يلخص هذه العمليات .

الجدول رقم (٢-١٥) : نتائج التعجيل وكلفته

الخطوات	طول المسارات أب ح ج	أ ج و ح	د ز	كلفة التعجيل دينار/ أسبوع	النشاط المعجل	الأسابيع المعجلة	كلفة مباشرة	كلفة غير مباشرة	كلفة كلية
١	٢٤	٢٢	١٣	أ ٢٠٠	أ	٢	٤٠٠	٢٦٤٠٠	٢٦٨٠٠
٢	٢٢	٢٠	١٣		ح	١	١١٠٠	٢٥٢٠٠	٢٦٣٠٠
٣	٢١	١٩	١٣	هـ ٨٠٠	هـ	٢	٢٧٠٠	٢٢٨٠٠	٢٥٥٠٠
٤	١٩	١٩	١٣	هـ ، ج ١٠٥٠	هـ ، ج	١	٣٧٥٠	٢١٦٠٠	٢٥٣٥٠
٥	١٨	١٨	١٣	لا تخفيضات لاحقة فى وقت المشروع					

خامساً : نلاحظ من الجدول (٢-١٥) والمعلومات المتعلقة بالمشروع أن البدائل المتاحة هى :

البديل الأول : كلفته الكلية فى هذه الحالة مساوية للكلفة غير المباشرة = ٢٤x ١٢٠٠ = ٢٨٨٠٠ دينار (بدون تعجيل) .

البديل الثانى : كلفته الكلية (المباشرة وغير المباشرة) =(٢٢ x ١٢٠٠) + ١١٠٠ = ٢٦٨٠٠ دينار (تعجيل النشاط (أ) بمدة أسبوعين ، وفيه المسار الحرج طوله (٢٢) أسبوعاً) .

البديل الثالث : كلفته الكلية = (٢١ x ١٢٠٠) +١١٠٠ = ٢٦٣٠٠ دينار (تعجيل النشاط (أ) بمدة أسبوعين ، والنشاط (ح) بمدة أسبوع ، والنشاط (هـ) بمدة أسبوعين والمسار الحرج طوله (١٩) أسبوعًا) .

البديل الرابع : كلفته الكلية = (١٩ x ١٢٠٠) + ٢٧٠٠ = ٢٥٥٠٠ دينار (تعجيل النشاط (أ) بمدة أسبوعين ، والنشاط (ح) بمدة أسبوع ، والنشاط (هـ) بمدة أسبوعين ، والمسار الحرج طوله (١٩) أسبوعًا) .

البديل الخامس : كلفته الكلية = (١٨ x ١٢٠٠) +٣٧٥٠ = ٢٥٣٥٠ دينارًا (تعجيل النشاط (أ) بمدة أسبوعين ، والنشاط (ح) بمدة أسبوع ، والنشاط (هـ) بمدة أسبوعين ، والنشاطان (هـ،ج) بمدة أسبوع ، والمسار الحرج طوله (١٨) أسبوعًا) .

والبديل الأفضل هو البديل الخامس ؛ لأنه أدنى كلفة وأقصر وقت ممكن لإكمال المشروع . ولابد من التأكيد على أن طريقة التعجيل عادة ما تكون تقريبية وتستخدم فى الشبكيات الصغيرة . أما فى المشروعات الكثيرة التى تكون ذات مسارات كثيرة ؛ فتتم الاستعانة بالطرق الرياضية وبالحاسبة لتعجيل المشروع .

وبعد هذا العرض التفصيلى للنماذج الشبكية يمكن أن نقدم ملخصًا للخطوات الأساسية المتبعة فى بناء وتحليل وإدارة الشبكيات (شبكيات بيرت) وذلك من خلال اثنتى عشرة خطوة هى :

الخطوة الأولى : تحديد المشروع الكلى بما فى ذلك تحديد هدف المشروع وموعد الإكمال المستهدف .

الخطوة الثانية : تجزئة المشروع إلى أنشطة محددة بشكل جيد ، وتحديد حدث المصدر (حدث بدء الشبكية) ، وحدث النهاية (حدث إكمال الشبكية) إضافة إلى تحديد بداية ونهاية كل نشاط .

الخطوة الثالثة : إعطاء أرقام متسلسلة لكل حدث وترتيبها فى تعاقب كما ينبغى ، أو كما هو مطلوب حسب المتطلبات التخطيطية والتكنولوجية ، وهذا الخطوات تنشئ وتحدد علاقات الأسبقية .

الخطوة الرابعة : بناء شبكية بيرت للمشروع مع الترابط البينى للأنشطة والأحداث المطلوبة من خلال علاقات الأسبقية .

الخطوة الخامسة : بالنسبة لكل نشاط يتم احتساب وقت الإكمال المتوقع (و ق) والانحراف المعيارى (ع) والتباين ($ع^2$) بعد التوصل إلى :

١- تقدير الوقت المتفائل (أ) .

٢- تقدير الوقت الأكثر ترجيحاً (ج) .

٣- تقدير الوقت المتشائم (ب) .

عندئذ :

$$\text{و ق} = \frac{\text{أ} + ٤\text{ج} + \text{ب}}{٦}$$

$$\text{ع} = \frac{\text{ب} - \text{أ}}{٦}$$

$$\text{ع}^2 = \left[\frac{(\text{ب} - \text{أ})}{٦}\right]^2$$

الخطوة السادسة : تحديد المسار الحرج وذلك من خلال :

١- تحديد جميع المسارات فى الشبكية .

٢- تحديد طول كل مسار بجميع الأوقات المتوقعة للأنشطة الواقعة على المسار .

٣- المسار الذى له الوقت المتوقع الأطول هو المسار الحرج .

الخطوة السابعة : احتساب وقت البدء الأبكر (ب ك) ووقت الانتهاء الأبكر (هـ ك) لكل نشاط ، بالنسبة لحدث البداية فإن (ب ك) يساوى صفراً ، ويحسب وقت الانتهاء الأبكر (هـ ك) حسب القاعدة :

هـ ك = ب ك + و ق

ويستخدم لاحتساب (ب ك) و (ب خ) طريقة المر الأمامى ، أى البدء من الحدث الأولى إلى الأخير فى الشبكية .

الخطوة الثامنة : احتساب وقت البدء الأكثر تأخيراً (ب خ) ووقت الانتهاء الأكثر تأخيراً (هـ خ) لكل نشاط ، ويتم ذلك باستخدام المر الخلفى ، حيث البدء بآخر عقدة والعمل رجوعاً إلى أول عقدة ، ويكون وقت الانتهاء الأكثر تأخيراً للحدث الأخير (عقدة النهاية) هو وقت الانتهاء الأبكر الذى يتم احتسابه بالخطوة السابعة ، أما وقت البدء الأكثر تأخيراً فيحسب وفق القاعدة الآتية :

ب خ = هـ خ − و ق

الخطوة التاسعة : احتساب الفائض الكلى (ف ك) لكل نشاط باستخدام إحدى الصيغتين :

ف ك = هـ ك − ب ك

أو ف ك = هـ خ − ب خ

الخطوة العاشرة : القيام بالتحليل الاحتمالى الضرورى على شبكية بيرت لاستخراج المعلومات المتعلقة بإكمال المشروع للاستفادة منها من قبل الإدارة .

الخطوة الحادية عشرة : توزيع شبكية بيرت على الذين سينفذون المشروع .

الخطوة الثانية عشرة : الرقابة على تقدم العمل فى المشروع وإجراء التعديلات عند الضرورة .

٢-١٠- مزايا ومحددات شبكيات بيرت / المسار الحرج :

من خلال ما تقدم يمكن ملاحظة أن النماذج الشبكية وفق هذين الأسلوبين تمثل أداة كفئة لا غنى عنها فى المشروعات الكبيرة التى تستلزم استخدام الموارد المحددة ؛ من أجل تنفيذها فى أقصر وقت ممكن فى ضوء تقدير أوقات الأنشطة على أساس الحسابات الدقيقة لإمكانات التنفيذ فى المشروعات السابقة ، أو على أساس التجربة

والخبرة الذاتية لمدير المشروع ، وفى هذا السياق يمكن أن نشير إلى المزايا الأساسية لبيرت والمسار الحرج كالآتى :

أ - أن النماذج الشبكية تسمح بتخطيط المشروع عند أى مستوى مرغوب من التفاصيل ؛ حيث إن هذه النماذج تسمح ببناء شبكيات كلية وشبكيات جزئية لأى قسم من المشروع ، إضافة إلى دمج الأنشطة ؛ من أجل تبسيط النموذج الشبكى أو تجزئة الأنشطة إلى أنشطة فرعية ؛ من أجل المزيد من الجدولة والرقابة .

ب- أن النماذج الشبكية عند أى مستوى مرغوب من التفاصيل ، تساعد على تحديد علاقات الأسبقية والاعتماد والمتبادل بين الأنشطة المكونة للمشروع .

ج- أن حالات تداخل الأنشطة الجوهرية الضرورية لإكمال المشروع وفق ما هو مخطط وبنجاح - تكون قليلة وبالحد الأدنى فى النماذج والشبكية .

د- فى النماذج الشبكية تكون مسؤولية الأنشطة ومتطلبات التنسيق بينها واضحة .

هـ- أن تقديرات الوقت الدقيقة تساعد بشكل كبير فى إكمال الأنشطة وإكمال المشروع حسب ماهو مجدول فى الشبكية ، وتمثل (بيرت) مزية إضافية على المسار الحرج ؛ فى كونها تستخدم ثلاثة تقديرات لوقت النشاط : الوقت المتفائل و الوقت الأكثر ترجيحًا ، والوقت المتشائم بما يتلاءم مع الظروف الاحتمالية التى تترافق مع مشكلات القرار فى منظمات الأعمال .

و - أن النماذج الشبكية تساعد على فهم المشروع ومكوناته الأساسية من الأنشطة ؛ لأنها تفترض عند بنائها توفير معلومات عن الأنشطة المكونة للمشروع ، والأنشطة التى يجب أن يتم إكمالها قبل البدء بالأنشطة الأخرى ، والأنشطة التى يجب أن تنجز بشكل متزامن ، والأنشطة الحرجة التى تأخر أى واحد منها يؤدى إلى تأخر المشروع كله ، والأنشطة غير الحرجة التى تأخر إنجازها لفترة معينة (بمقدار الوقت الفائض) لا يؤدى إلى تأخر إكمال المشروع . هذا بالإضافة إلى أن تجزئة المشروع إلى أنشطة محددة وقابلة للسيطرة والتمييز عن غيرها من حيث بدايتها ونهايتها - تساعد فى التنفيذ على السيطرة على المشروع وأوقاته وكلفه فى كل مرحلة من مراحل تقدم العمل فيها .

ز - أن النماذج الشبكية تسمح فى أى مرحلة من مراحل التنفيذ بتحليل الكلفة - المنفعة لاتخاذ القرار حول القيام بتعجيل الأنشطة أو المشروع كله باستخدام موارد إضافية .

ورغم هذه الإيجابيات فى النماذج الشبكية التى تجعل منها أداة ثمينة قابلة للاستخدام على نطاق واسع ؛ فإن شأنها شأن الطرق والأساليب الكمية التحليلية الأخرى ؛ حيث تواجه محددات وعيوباً عديدة نوجزها فى الآتى :

أ - أن استخدام النماذج الشبكية يتطلب وقتًا أطول فى إعدادها ، وكلفة أكبر وخبرات عالية للتوصل إلى البيانات الضرورية لبناء الشبكية وتحديثها بشكل دورى .

ب- صعوبة التوصل إلى علاقات الأسبقية بين الأنشطة ، وقد لا تكون كلها صحيحة عند وضعها .

ج- صعوبة التوصل إلى تقديرات دقيقة لأوقات الأنشطة ؛ حيث إن هذه التقديرات قد تتضمن عامل التلاعب ؛ حيث المديرون يشعرون بعدم الارتياح عند وضع تقديرات الوقت التى عليهم الالتزام بها وإكمال المشروع ضمن الفترة المحددة .

د- فى المشروعات الكبيرة يكون من الضرورى استخدام الحاسبة وبقدر ما يكون هذا الاستخدام مزية عند توفر إمكانات الحاسبة ؛ فإنه يكون محدداً عند عدم استخدامها بالنظر لصعوبة جدولة ورقابة الأنشطة المتداخلة الكثيرة .

٢-١١- استخدام الحاسبة فى شبكيات الأعمال :

عندما تكون المشروعات صغيرة وأنشطتها المكونة لها محددة العدد والعلاقات ؛ فإن استخدام النماذج الشبكية يكون ممكنًا بشكل يدوى ، ولكن مع المشروعات الكبيرة التى تضم المئات من الأنشطة والعلاقات والأوقات المتباينة عن بعضها التى قد تكون مؤكدة أو احتمالية ؛ فإن استخدام الشبكيات يكون بالغ الصعوبة بدون الحاسبة الإلكترونية ، وربما تكون غير فعالة إذا ما تم القيام بها بشكل يدوى بالنظر لاحتمالات الخطأ مع

الحسابات الكثيرة والعلاقات المتداخلة ، إضافة إلى الجهد الكبير والوقت الطويل الذى قد لا يكون متاحاً فى حالات كثيرة .

لهذا فإن استخدام الحاسبات الإلكترونية يكون مع زيادة حجم المشروعات خاصة أن برامج الحاسبات الخاصة بالشبكات أصبحت متاحة على نطاق واسع ، وقد عدّد (لومبا N.P.Loomba) برنامجاً متاحاً من (٩) مصادر ، كما أن مسحاً سابقاً كشف عن وجود أكثر من (٥٠) برنامجاً من برامج الحاسبات تستخدم فى مجال الشبكيات .

كما أن مجموعة النظم الكمية الخاصة بالأعمال زائد (Quantitative System For Business Plus) ومختصرها (+QSB) تتضمن برمجيات عديدة خاصة بالنمذجة الشبكية بأسلوبى بيرت والمسار الحرج ؛ وهى تعتمد على أكثر الخوارزميات استخداماً فى حل المشكلات فى علم الإدارة عموماً وضمنها النماذج الشبكية .

إن استخدام الحاسبات فى تنظيم وإدارة شبكيات المشروعات وتحديثها لا يمثل فقط أداة فعالة فى تحسين بناء وتحليل الشبكيات التى تضم عدداً كبيراً من الأنشطة التى تستلزم أوقاتاً وكلفاً متباينة ، وإنما أيضاً أداة فعالة فى الرقابة والمتابعة خاصة بالعلاقة مع المتعاقدين والمقاولين الثانويين الذين عند أى إخلال أو تأخير فى موعد إكمال أعمالهم سيؤدى إلى تأخر إكمال أعمال أخرى تعتمد عليها .

كما أن إدخال الحاسبة فى شبكيات الأعمال سيكون أساساً لبناء قاعدة المعلومات عن النماذج الشبكية والأنشطة المختلفة وأوقات إكمالها الاعتيادية والمعجلة وكلفها والجهات التى قامت بتنفيذ الأنشطة بما يضمن استخدامها فى المشروعات الجديدة . إن إدارة المشروعات الحديثة أصبحت أكثر تفهماً لأهمية الحاسبات ليس فقط فى توفير المعلومات الضرورية لاتخاذ القرار ، وإنما أيضاً أصبحت ومن خلال أنظمة دعم القرار (Decision Support System) تساهم فى عملية اتخاذ القرار ، وهذا ما تحتاج إليه الإدارة فى حالات كثيرة سواء فى القرارات المبرمجة أو فى المتابعة والرقابة على الأنشطة فى غير مواعيده الحرجة التى تستلزم تدخل الإدارة ، وبهذا تكون الحاسبات جزءاً من كفاءة النظم والنماذج الكمية المستخدمة فى حل مشكلات التخطيط والجدولة والرقابة .

ومع استخدام الحاسبة يمكن أن يجعل جدولة أنشطة المشروع مثلى ، إلا أن بعض المحددات يمكن أن تظهر لتحد من هذا الاستخدام وهذه المحددات هى :

١- الحاجة إلى تقليص فترة المشروع إلى الحد الأدنى ، أو عدم توفر الوقت أصلاً للجدولة على الحاسبة .

٢- الحاجة إلى ضمان استخدام الموارد فى حالات كثيرة يكون استخدام الحاسبة فيها مكلفًا بشكل لا يقارن مع ما يتم الاقتصاد به من نفقات جراء هذا الاستخدام .

٣- تحقيق أمثلية التدفق النقدى من خلال تأخير النفقات الرئيسية .

٤- الحاجة إلى تنفيذ المشروع بموارد محدودة .

الأسئلة :

١- ماهو المسار الحرج ، وماهى خطوات إيجاده ، وهل يمكن أن يوجد أكثر من مسار حرج واحد فى الشبكية ؟

٢- تسعى الكلية أو المعهد الذى تدرس فيه إلى إقامة معرض للكتاب وتم تكليفك بمسئولية تنظيمه . كيف يمكن تحقيق ذلك باستخدام التحليل الشبكى ؟

٣- صحح ما يأتى مع تحليل ذلك :

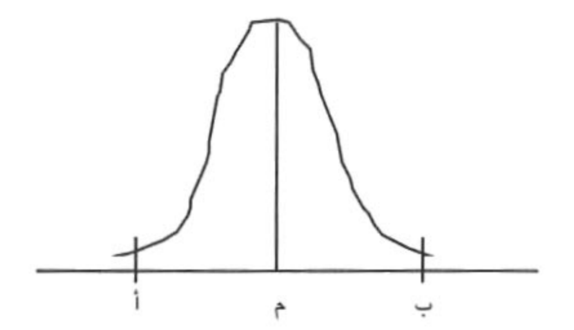
أ - إن احتساب المسار الحرج فى (PERT) مختلف بشكل جوهرى عن (CPM) .

ب- إذا كانت الشبكية لها أكثر من مسار حرج ؛ فإن أوقات المسارات قد لا تكون متساوية .

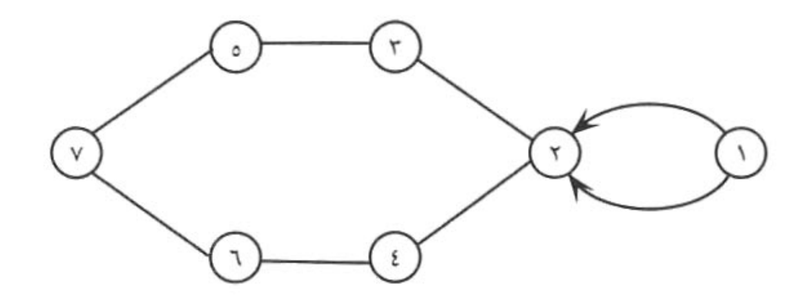
ج- إن إدارة المشروعات تسعى لتقدير أوقات الأنشطة بدرجة ثقة (١٠٠٪) .

٤- لماذا يستخدم توزيع بيتا فى التوزيع الاحتمالى لتقديرات الوقت التفاؤلى والتشاؤمى والأكثر ترجيحاً فى شبكية بيرت ؟

٥- هل بالإمكان أن يظهر توزيع بيتا لتقديرات الأوقات الثلاثة : التفاؤلى والتشاؤمى والأكثر ترجيحاً بشكل تماثلى كما فى الشكل التالى ، ولماذا ؟



٦ - صحح الشبكية التالية .



٧- ماذا نعنى بالمرور الأمامى والمرور الخلفى ، وما هى استخدامات كل منها فى شبكيات الأعمال ؟

٨- ماذا نعنى بالتعجيل ، وماهو مبادلة الوقت / الكلفة فى الشبكيات ، وهل التعجيل ضرورى ؟

٩- هل يمكن للمسار الحرج أن يصبح غير حرج ؟ وكيف ؟

١٠ - ما الفرق بين الخامل الكلى والخامل الحر ؟

التمارين :

١- ضع شبكية بيرت للمشروع الآتى :

النشاط	ما يسبقه مباشرة
أ	–
ب	–
ج	ب
د	ج

٢- ارسم شبكية بيرت وشبكية المسار الحرج للمشروع الآتى :

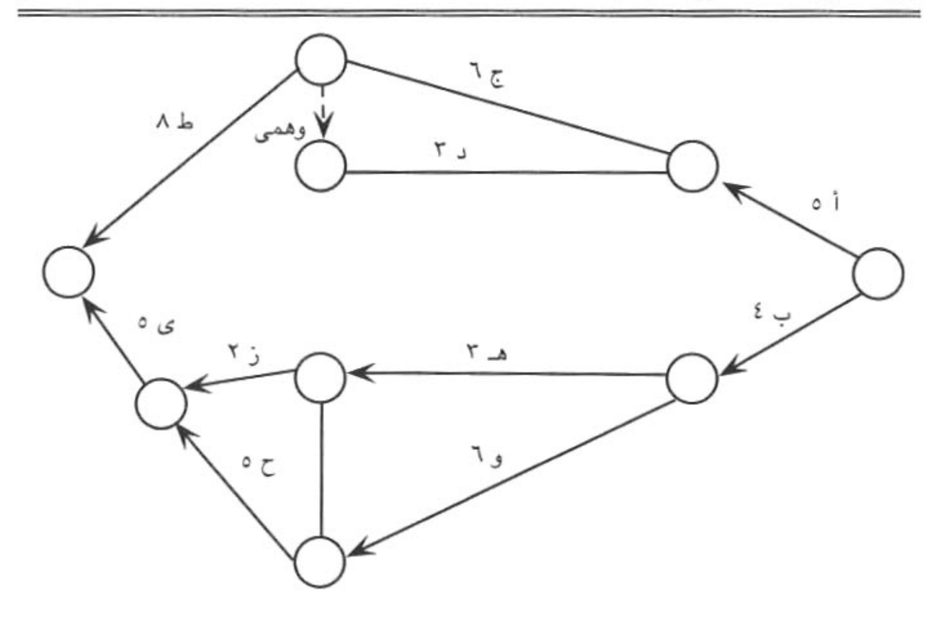
الأنشطة	ما يسبقه مباشرة	الوقت المتوقع (يوم)
أ	–	٦
ب	أ	٨
ج	أ	٨
د	ب ، ج	٤
هـ	ج	٩
و	د	٢
ز	هـ	٧

٣- ارسم شبكية بيرت واحسب وقت البدء والانتهاء الأبكر وأوجد المسار الحرج لمشروع الموارد فى التمرين أعلاه .

٤- فيما يأتى شبكية بيرت ، المطلوب :

أ - استخدام طريقة بيرت لتحديد المسار الحرج (استخدام الممر الأمامى ، الممر الخلفى) .

ب- ما هو وقت إكمال المشروع الأدنى ؟



٥- الجدول الآتى يشتمل على الأنشطة المكونة لمشروع إدخال منتوج جديد ، ماهى احتمالية إكمال المشروع فى (٢٥) و (٢٢) يوماً ؟

النشاط	النشاط الذى يسبقه	تقدير أوقات النشاط		
		التفاؤلى	الأرجح	التشاؤمى
أ	–	٢	٤	٦
ب	أ	١	٥	٩
ج	أ	–	٩	–
د	ج	٥	٦	٧
هـ	ب	٥	٧	٩
و	ب	٤	١٠	١٦
ز	د ، هـ	–	٧	–
ح	ج	٦	٩	١٢

٦- أدناه شبكية مشروع ، المطلوب احتساب ما يأتى :

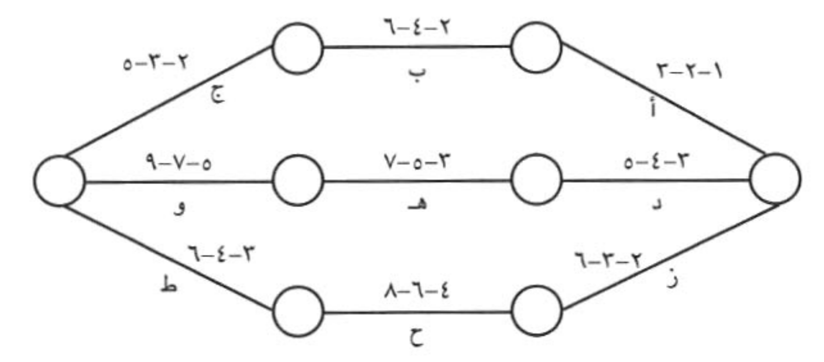
أ- الوقت المتوقع لكل نشاط والوقت المتوقع لكل مسار .

ب- تحديد المسار الحرج أو المسارات الحرجة .

جـ- التباين لكل نشاط ولكل مسار .

د- إمكانية اعتبار المسارات فى الشبكية مستقلة ؟ ولماذا ؟

هـ- احتمالية إكمال المشروع فى (١٧) و (١٥) يوماً ؟



٧- استخدم المعلومات فى الجدول الآتى من أجل تحديد وقت التعجيل الأمثل بافتراض أن الكلف غير المباشرة (١٥٠٠) دينار فى الأسبوع .

الأنشطة	النشاط الذى يسبقه	الوقت الاعتيادى (أسبوع)	العدد الأقصى لأيام التعجيل	كلفة التعجيل دينار / أسبوع
أ	–	٦	٢	٧٠٠
ب	–	٤	–	–
ج	–	٨	٣	٦٥٠
د	أ	٥	١	٨٠٠
هـ	د	٧	١	١٠٠٠
و	ب	٦	٢	٥٥٠
ز	ج	١٠	٤	٦٠٠
ح	هـ ، و ، ز	٨	٣	٥٠٠

المراجع :

أولاً : المراجع العربية

١- د. زكريا عبد الحميد باشا : رياضيات وتطبيقات وإدارية ، دار المعرفة ، الكويت ، ١٩٨٧م .

ثانيا : المراجع الأجنبية

2 - T.A. Burley and G. O'Sullivan , Operations Research , Macmillan Education LTD. London , 1986.

3 - M.M. Chen and D.G. Dannenbring , Management Science : An Introduction . McGraw-Hill Book Co. New York . 1982 .

4 –T.M. Cook and R.A. Russell , Introduction To Management Science , Printice-Hill . Englewood Cliffs . New Jersey . 1993 .

5 –K.R. Davis and P.G. Mckeown , Quantitative Model For Management , Kent Publishing Co. Boston , 1984 .

6 –D. Delmar , Operations and Industrial Management , McGraw-Hill Book Co. New York . 1986 .

7 –S.EL-Maghraby , Activity Networks , John Wiley and Sons , New York , 1977 .

8 –Ch.A. Gallagher and H.J. Watson , Quantitative Methods For Business Decisions , McGraw-Hill Book Co. New York . 1980 .

9 –L.J. Krajewski and L.P. Ritzman , Operations Management , Addison-Wesley Publishing Co. Reading , Massachusetts . 1996 .

10 –N.P. Loomba , Management : A Quantitative Perspective , Mac millan Publishing Co. New York . 1978 .

11 –J.A Senn , Information System in Management , Belmont , Calif . Wadsworth , 1982 .

12 –M.K. Starr , Managing Production and Operation , Prentice Hall . Englewood Cliffs , New Jersey .1989 .

13 –W.J. Stevenson , Introduction to Management Science , Irwin , Homewood . Boston . 1992 .

14 –R. Stone (Ed) , Management of Engineering Projects , Macmillan Education , LTD , London , 1988 .

15 –H.A. Taha , Operations Research : An Introduction , Macmillan Publishing Co. New York , 1989 .

16 –N.L. Wa and J.A. Wa , Introduction to Management Science : A Contemporary Approach , Rand McNally College Publishing Co. Chicago . 1980 .

الفصل الثالث : الموقع

٣-١- المدخل .

٣-٢- إستراتيجية الموقع .

٣-٣- مراحل اختيار الموقع .

٣-٤- العوامل المؤثرة فى اختيار الموقع .

٣-٥- بعض المشكلات المهمة ذات العلاقة بالموقع :

أولاً : الصنع أو الشراء .

ثانيًا : المصنع الواحد أو المصانع المتعددة .

ثالثًا : العلاقة بين حجم المصنع وكلفة الوحدة .

رابعًا : الموقع فى قطاع الخدمات .

خامسًا : الموقع فى الخارج .

٣-٦- طرق المفاضلة فى اختيار الموقع :

أولاً : المفاضلة على أساس الكلف والعوائد .

ثانيًا : طريقة الحجم / الكلفة الموقعية .

ثالثًا : نموذج الوسيط البسيط .

رابعًا : نموذج مقياس الموقع .

خامسًا : طريقة العوامل النوعية .

٣-٧- الاتجاهات الحديثة فى اختيار الموقع .

٣-٨- اختيار الموقع فى التجربة اليابانية .

الأسئلة .

التمارين .

المصادر .

٣-١- المدخل :

يعتبر اختيار الموقع من المشكلات المهمة فى الشركات الصناعية والخدمية على حد سواء ؛ وذلك للآثار الطويلة الأمد و الكلفة الكبيرة التى يمثلها هذا الاختيار ؛ مما ينعكس على قدرة الشركة على تحقيق الميزة التنافسية . وتواجه الشركة الصناعية مشكلة اختيار الموقع بسبب الحاجة إلى القرب من المواد الأولية أو خطوط المواصلات أو القرب من الأسواق ، وغيرها من العوامل العديدة التى تمثل كلفًا إضافية كبيرة لابد من مراعاتها ، واختيار الموقع الأفضل الذى يقلص هذه الكلف إلى الحد الأدنى ، كما أن الشركة الخدمية تواجه هذه المشكلة ؛ لأنها بقدر ما تتحمل الكلف الرأسمالية فى الأرض والبناء والتأسيسات المهمة لتقديم الخدمة ، فإنها تتأثر هى الأخرى بعوامل عديدة مثل القرب من أسواق الطلب على الخدمة الزبائن ، والحاجة إلى الأيدى العاملة المؤهلة لتقديم الخدمة وغيرها ؛ مما يجعل مشكلة اختيار الموقع مشكلة عامة فى جميع الشركات ، والحاجة إلى دراستها و التوصل إلى القرار الأفضل مسألة ذات تأثير إستراتيجى طويل الأمد .

والواقع أن الشركات تواجه مشكلة اختيار الموقع لمرة واحدة على الأقل خلال حياتها الاقتصادية ، وأكثر الشركات تواجه هذه المشكلة لمرات عديدة ، فإلى جانب الاختيار الأول عند تأسيس الشركة فإنها تواجه هذه المشكلة فى الحالات الآتية أيضًا :

أ - عند تأسيس فرع جديد للشركة .

ب - عند تغيير الموقع الحالى غير الملائم من الناحية الاقتصادية ؛ نظرًا لتحمل كلف إضافية جراء عدم ملاءمة الموقع الحالى .

ج- عند تغيير الموقع الحالى غير الملائم للتوسعات .

د - عند تغيير الموقع الحالى بسبب المحددات القانونية والبيئية .

من الواضح أن بعض الشركات تكون غير مرنة فى اختيار الموقع كما هو الحال فى شركات التصدير (المناجم) و استخراج النفط التى تكون مواقعها عند مكامن الخامات و آبار النفط ، إلا أن القسم الأعظم من الشركات يكون ذا مرونة عالية فى اختيار

الموقع ؛ لهذا فهذه الشركات تجرى عملية المفاضلة ما بين المواقع المختلفة . ومما يزيد من صعوبة المفاضلة ؛ هو تعدد العوامل المؤثرة فى اختيار الموقع كالمواد الأولية والأسواق و الطاقة و المناخ و غيرها ، خاصة أن هذه العوامل لا تتوفر كلها فى موقع واحد ، وأن مزاياها تتباين من حيث التوفر و عدم التوفر فى المواقع المختلفة . وكذلك الحال فى الصعوبة المتمثلة فى تباين الميزة النسبية لكل عامل من العوامل حسب نوع الصناعة ونمط الإنتاج وجودة الخدمة المقدمة للزبون ومدى الحاجة للسعة .. إلخ . و هذه الصعوبات تجعل المفاضلة ما بين المواقع مسألة بالغة الأهمية ، و يجب أن تحظى بالاهتمام الكبير من قبل الإدارة العليا ؛ و ذلك لأن اختيار الموقع يمثل قراراً إستراتيجياً ؛ لأنه ذو كلفة عالية نسبياً ، و ذو تأثير طويل الأمد ، و لأنه أيضاً يؤثر فى القدرة على المنافسة التى أصبحت ذات أهمية متزايدة فى جميع شركات الأعمال فى الوقت الحاضر .

٣-٢- إستراتيجية الموقع :

إن قرار اختيار الموقع يعتبر واحداً من القرارات الإستراتيجية ؛ حيث إنه كما يؤكد (بوفا E.S.Buffa) يمثل أحد القرارات المتعلقة بتصميم النظام الإنتاجى تمييزاً عن القرارات التكتيكية المتعلقة بتشغيل النظام الإنتاجى ، و الواقع هناك أسباب أساسية تجعل اختيار الموقع قراراً إستراتيجياً هى :

أ- أنه يستلزم استثماراً طويل الأمد و بحجم كبير من رأس المال ، فى ظروف تتسم بعدم التأكد الكبير .

ب- أن اختيار الموقع يحدد الإطار الدائم لمحددات التشغيل والإنتاج ، التى قد تكون صعبة ومكلفة عند التغيير .

ج- أن الموقع يؤثر تأثيراً كبيراً على المركز التنافسى أو قابلية بقاء المنظمة من خلال تحقيق الحد الأدنى من كلف الإنتاج والتوزيع فى الأسواق .

وإذا كان البعض من المتخصصين فى إدارة الإنتاج والعمليات يركز على الكلفة العالية التى يمثلها الموقع فى الأرض و البناء و نصب الآلات و غيرها فى إبراز الأبعاد الإستراتيجية فى الموقع ، كما فعل ذلك (ديلورث J.B.Dilworth) - فإن البعض الآخر

يركز على السعة فى إبراز الأبعاد الإستراتيجية فى الموقع مثل (شرويدر R.G.Schroeder) ، و حيث إن الكلفة لا تنفصل عن الطاقة و ترتبط بها بطريقة سببية ، و كذلك بالنتيجة من خلال علاقة السعة بالمركز التنافسى و الكلفة (أو قيادة الكلفة) وهى أحد معايير الأداء الإستراتيجى - لهذا سنركز فى توضيح إستراتيجية الموقع بالعلاقة مع الإنتاجية كما قدمها (شرويدر) نفسه .

إن إستراتيجية الموقع تهتم بثلاثة جوانب ، هى : مقدار السعة ، توقيت السعة ، ونوع الوحدة و أثر ذلك على خيارات الموقع ، و نعرض فيما يأتى لهذه الجوانب :

أولاً - مقدار السعة : إن جانبا مهمًا من إستراتيجية الموقع يتمثل فى مقدار السعة بالعلاقة مع الطلب المتوقع .

ثانيًا - توقيت التوسعات : إن توقيت الإضافات إلى السعة عنصر آخر فى إستراتيجية الموقع ، ومعالجة هذا العنصر يمكن أن تتم من خلال إستراتيجية :

أ- تعطيل المنافسة : فى هذه الحالة فإن الشركة ستقود السوق من خلال بناء سعة تزيد على الحاجة ؛ لخدمة توسع أسواق الشركة فى المستقبل و إزاحة المنافسين و الاستيلاء على حصصهم فى السوق .

ب- انتظر و انظر : فى هذه الحالة فإن الشركة تنتظر ؛ حتى يتطور الطلب ، و من ثم تضيف سعة جديدة (أو مصنعًا جديدًا) . و هذه الشركة تراقب وتتبع فى خطواتها شركة قائدة أخرى ، و تأخذ بإستراتيجية دفاعية تقوم على المخاطرة الأدنى . إن هذه الإستراتيجية تكون فعالة عندما تسمح قنوات التسويق و التكنولوجيا للشركة المتابعة أن تحصل على حصة فى السوق .

إن اتباع أىٍ من هاتين الإستراتيجيتين يؤثر فى إستراتيجية الموقع ، سواء فى قرار مقدار و حجم السعة ، أو فى التوسع فى الموقع المختار ، أو فى موقع آخر (فرع جديد) ؛ لهذا لابد من مراعاة اتجاه الشركة الجديدة فى المستقبل فيما يتعلق بتوقيت إضافة السعة الجديدة .

ثالثًا – أنواع الوحدات : إن نوع الوحدة يشير إلى خيار المصنع فى تحديد العامل المهيمن أو الحرج فى تحديد الموقع ، وهناك فى هذا المجال أربعة خيارات :

أ- المصنع المركز على المنتوج (Product-Focused) : لقد أشارت إحدى الدراسات أن نسبة (٥٧٪) من (٥٠٠) شركة أمريكية تعتمد على هذا الخيار ، الذى يركز على الإنتاج الكبير ؛ لتحقيق الميزة من كلفة الوحدة وفق مفهوم اقتصاديات الحجم .

ب- المصنع المركز على الأسواق (Market-focused) : إن نسبة (٣١٪) من (٥٠٠) شركة من أكبر الشركات الأمريكية تعتمد على هذا الخيار ، وإن الكثير من الشركات الخدمية تركز على هذا ؛ لأن الخدمة لا يمكن نقلها ، وتتطلب استجابة سريعة للزبائن .

ج- المصنع المركز على التشغيل : إن نسبة (٩٪) من (٥٠٠) شركة من أكبر الشركات الأمريكية تعتمد هذا الخيار الذى يركز على تصنيع منتجات متنوعة (ميزة التنوع) باستخدام تكنولوجيا معينة ، كما أن مصانع التجميع تنتمى إلى هذه التوجه ؛ حيث تحصل على الأجزاء من مصانع متعددة ؛ لتقوم بتجميع لاحق لها كما فى مصانع السيارات .

د- مصنع الانحراف العامة : إن نسبة (٣٪) من (٥٠٠) شركة من أكبر الشركات الأمريكية تعتمد هذا الخيار القائم على إنتاج أنواع متعددة من المنتجات باستخدام عمليات مختلفة (تنوع أكبر) . إن الكثير من هذه الشركات ترتبط بها مصانع متخصصة صغيرة تنتج لها منتجات وأجزاء متنوعة تحتاج إليها ، و هذا ما يدخل ضمن مصنع الأغراض العامة .

٣-٣- مراحل اختيار الموقع :

إن الدراسة المنهجية لعملية اختيار الموقع تكشف عن وجود مراحل عديدة لهذه العملية ، ففى دراسة أجريت على إحدى الشركات الكبرى أوضحت وجود (٧) خطوات لتحديد الموقع و بناء المصنع الجديد و هى :

أ – تحديد الحاجة إلى المصنع الجديد .

ب – تحديد المنطقة الجغرافية الأفضل على أساس حاجات الأعمال فى الشركة .

ج – تحديد الاحتياجات من حيث : المنتوج الذى سينتج ، المعدات ، الأبنية ، المرافق المطلوبة ، النقل ، وعدد العاملين .

د – تحديد مواقع بديلة ضمن المنطقة الجغرافية .

هـ- اختيار الموقع الأفضل .

و- بناء المصنع .

ولتوضيح هذه المراحل نشير إلى المراحل التى اقترحها وليم ستيفنسن (W.J.Stevenson) ؛ حيث أكد على أن الطريقة العامة لصنع قرارات الموقع تتطلب الخطوات الآتية :

أولاً : تحديد المعيار الذى سوف يستخدم فى تقييم بدائل الموقع : هذا المعيار قد يكون الكلفة الأدنى أو أقصى الربح فى الشركات الموجهة إلى الربح ؛ حيث إنه فى مثل هذه الشركات التى تكون كلفة الموقع (الأرض – الأبنية – التأسيسات) عالية ؛ فإن المعيار يمكن أن يكون الكلفة الأدنى . وفى الغالب يكون معيار أقصى الربح ضرورياً وأساسياً فى عملية المفاضلة . أما فى الشركات غير الموجهة للربح فإن معايير الكلفة الأدنى أو فاعلية الكلفة أو جودة الخدمة ، أو ما يدعى بالربحية الاجتماعية تكون هى المعايير الأكثر ملاءمة لعرض المفاضلة ما بين المواقع البديلة .

ثانيًا : تحديد العوامل المهمة التى تؤثر فى الإنتاج أو التوزيع : كالمواد الأولية والأسواق و القوى العاملة و غيرها . و هذه العوامل مهمة فى عملية تقييم المواقع البديلة ؛ نظراً لتأثيرها فى عملية الإنتاج و التوزيع و ما ينجم عن ذلك من كلفة ، كما فى نقل المواد الأولية أو المنتجات أو الأجور العالية و غيرها ؛ مما سنعرض له فى الفقرة التالية .

ثالثًا : تحديد المواقع البديلة من خلال : أ – تحديد الإقليم العام للمواقع : أى هل المواقع يمكن تحديدها فى شمال البلد أم وسطه أو جنوبه ، حسب العوامل المؤثرة

فى اختيار الموقع ومعيار المفاضلة . ب - تحديد عدد قليل من الأماكن البديلة فى الإقليم .

رابعًا : تقييم البدائل و صنع القرار المتعلق باختيار الموقع الأفضل :

من الواضح أن ضمن هذه المرحلة تتم الإجابة عن أسئلة كثيرة تتعلق بالمواقع مثل هل سيتم اختيار الموقع فى الريف أم المدينة ، و هل سيكون فى المدينة الكبيرة أم الصغيرة ، و هل من الأفضل إنشاء مصنع واحد كبير أم مصانع متعددة صغيرة ، وهل ميزة المصنع فى القرب من المواد الأولية أم فى القرب من الأسواق ، وغيرها الكثير من الأسئلة التى لابد من دراستها ؛ من أجل التوصل إلى القرار الرشيد فى عملية اختيار الموقع .

٣-٤- العوامل المؤثرة فى اختيار الموقع :

تتأثر عملية اختيار الموقع بعوامل كثيرة ، و بسبب كثرة و تعدد هذه العوامل المؤثرة فى اختيار الموقع ؛ أصبح من غير الممكن الحديث عن الموقع الأمثل الذى يحقق المزايا المطلقة لصعوبة جمع كل هذه العوامل فى موقع واحد ، و قد يكون فى مفهوم أمثلية باريتو (Pareto Optimality) ما يساعد على تفسير هذه الحالة ؛ فالمكاسب المتحققة من الاقتراب من عامل (أو أكثر) من العوامل تقابله خسائر (كلفة إضافية) جراء الابتعاد عن عوامل أخرى . فعلى سبيل المثال لا الحصر :

- إن الاقتراب من المواد الأولية قد يعنى الابتعاد عن الأسواق ، وكذلك الابتعاد عن مراكز القوى العاملة .
- إن الاقتراب من الأسواق قد يعنى ارتفاع التكاليف الرأسمالية للموقع (الأرض والبناء وغيرها) .
- إن الاقتراب من الشركات المشابهة قد يعنى اشتداد المنافسة .
- إن الاقتراب من المراكز الكبيرة لتجمع القوى العاملة قد يعنى مواجهة النقابات القومية وأجور العمال العالية .

ومع تعدد العوامل المؤثرة ؛ فقد حاول البعض تجميعها فى مجموعات كالآتى :

أ- **عوامل مرتبطة بالسوق (Market-related Factors)** : تشمل موقع الطلب (السوق) والمنافسة ، فيجب أخذ إستراتيجيتى التسويق فى الاعتبار فى قرارات الموقع من حيث التنبؤ بالطلب و المراكز المتوسطة (Centroid) أو المراكز المرجحة (Weighted Center) للطلب حيث يوجد مركز للطلب على كل منتوج أو عائلة من المنتوجات ، و كذلك القرب أو البعد عن المنافسين .

ب - **عوامل الكلفة الملموسة (Tangible Cost Factors)** : تشمل النقل ، المنافع ، العمل ، الضرائب ، كلفة المكان ، و كلفة البناء .

جـ- **العوامل غير الملموسة (Intangible Factors)** : تشمل الاتجاه المحلى حيال الصناعة ، اللوائح القانونية ، مجال النمو ، المناخ ، المدارس ، المستشفيات ، دور العبادة ، المراكز الترفيهية و غيرها .

أما (تيرسن R.J.Tersine) فيقدم معالجة للعوامل المؤثرة فى الموقع من خلال تحديد العامل المهيمن ، أى العامل الوحيد الذى يكون أكثر أهمية و تأثيراً فى تحديد وامتياز الموقع من خلال مفهوم ما يسميه (تيرسن) نفسه اعتمادية عامل الموقع (Dependence Location Factor) : حيث يحدد و يصنف العوامل المؤثرة فى الموقع إلى خمسة عوامل رئيسية ، هى :

أولاً : الاعتماد على المدخلات (Input Dependence) : يظهر عندما يتحدد الموقع بعامل أو مصدر المواد الأولية ، وهذا عادة ما يكون فى حالة الصناعات ذات النمط التحليلى (Analytical- type Industries) التى تحلل المواد الأولية ، و تحولها إلى منتجات متعددة ، و عادة ما تكون المواد الأولية كتلة ضخمة وثقيلة و من أمثلة ذلك : شركات النفط ، التعدين ، المزارع ، الصيد ، والألبان .

والحالة الأفضل حسب اعتمادية المدخلات يمكن أن تظهر عندما تكون الشركة الصناعية لها مصدر واحد للمواد الأولية ، و تشحن منتجاتها فى عدة اتجاهات (أسواق) ، وإذا كانت المواد الأولية ضخمة و ثقيلة فى حين أن منتجاتها أخف و أسهل فى عملية النقل ؛ فمن الأفضل شحن الورق بدلاً من شحن الشجر و الماء .

ثانيًا : الاعتماد على التشغيل (Process Dependence) : يظهر عندما يتحدد الموقع باحتياجات التشغيل ، أى عندما تكون عمليات الإنتاج ذات خصائص فريدة ، وتتطلب معالجة متخصصة أو احتياجات معينة تقيد الموقع . فمثلاً إذا كانت العمليات الإنتاجية تتطلب كميات كبيرة من المياه كما فى مصانع الشركات الكيماوية و المفاعلات النووية ؛ فإنها يجب أن تكون قرب مصادر المياه ، كما أن مصانع الألمنيوم التى تحتاج إلى كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية لابد أن تكون مقيدة بها .

ثالثًا : الاعتماد على المخرجات (Output Dependence) : يظهر عندما يتحدد الموقع بأسواق المنتوج . وهذا يكون عادة فى الصناعات ذات النمط التركيبى التى تأخذ مدخلات متعددة و تركبها و تحولها إلى منتجات قليلة ؛ فتعمل على الاقتراب من الزبائن ، و تتمثل فى : صناعة الملابس و أزياء الموضة ، المنتجات القابلة للفساد ، كما أن الشركات الخدمية (التى يصعب نقل الخدمة فيها) تكون قرب زبائنها .

بشكل عام ، كلما كانت سوق المنتوج واسعة على الصعيد القومى و الدولى ؛ أدى ذلك إلى صعوبة الاقتراب من الأسواق ، إلا أن هذا لا يمنع الاقتراب من سوق رئيسية يمكن من خلالها متابعة حاجات و طلبيات الزبائن بشكل أفضل ؛ مما يضمن تطوير المنتوج حسب هذه الحاجات .

رابعًا : تفضيل المالك/المدير التنفيذى (Owner/Executive Preference) : يظهر عندما يتحدد الموقع من خلال تفضيلات قادة الشركة ؛ حيث إن المديرين لديهم تفضيل قوى ؛ لأن يبقوا فى منطقتهم ، وأن رغباتهم مراراً تتخذ نمطًا محدداً من البيئة لأسباب عائلية و اجتماعية و ثقافية ؛ مما يؤثر على أهمية العوامل الأخرى ، و بشكل عام فإن الشركات الصغيرة أو المدارة من المالك توضع على أساس هذا العامل .

خامسًا : عوامل الكلفة العامة (General cost Factors) : إن كلفة الموضع قد تصل إلى (٢٠٪) مما يتطلب استثماراً كبيراً ، والموقع أى موقع قد يجلب معه كلفة غاطسة كبيرة (Sunk Cost Heavy) ، وهى الكلفة التى سبق تحملها فى الماضى ،

وكلفة متصلة تمثل ما سيتم تحمله فى المستقبل بسبب الموقع . وهذه الكلفة التى يصعب قياسها هى ما يمثل عنصر المخاطرة فى عملية اختيار الموقع . وبشكل عام يمكن أن تصنف كلف الموقع إلى نوعين :

أ- كلفة ملموسة : هى كلف يمكن قياسها و تتمثل فى كلف الأرض ، البناء أو الإيجار ، نقل المدخلات والمخرجات ، العمل ، الوقود ـ القوة الكهربائية ، الماء ، الضرائب والتأمين .

ب- كلفة غير ملموسة : قد تكون ذات أهمية كبيرة ، ومع ذلك تكون صعبة القياس كمية ؛ لذا نجد أن الكلف الملموسة يمكن مقارنتها و التعبير عنها بوحدة قياس مشتركة كالدينار أو الريال ، أما غير الملموسة ؛ فليس هناك وحدة قياس مشتركة للقياس والمقارنة . و هذه الأخيرة تغطى عوامل كثيرة مثل : اتجاهات الجماعة المحلية،المناخ والظواهر الطبيعية الأخرى (كالأعاصير والفيضانات و الزلازل) ، اللوائح القانونية ، السكن و ظروف الحياة العامة ، وإمكانية التوسع ... إلخ .

٣-٥- بعض المشكلات المهمة ذات العلاقة بالموقع :

هناك بعض المشكلات المهمة ذات العلاقة بالموقع لابد من التطرق إليها ؛ من أجل فهم الجوانب الأساسية لعملية اختيار الموقع التى ترتبط بمكونات النظام الإنتاجى الأخرى ، و هذه المشكلات هى :

أولاً - الصنع و الشراء :

إن وجود شركات ذات إنتاج مماثل يوفر فرصة الحصول على كميات من المنتوج عن طريق الشراء بدلاً من التوسع فى المصنع الحالى أو إنشاء فرع جديد . إلا أن الشراء ليس هو القرار المفضل دائمًا ؛ حيث إن الشركات تفضل أن تقوم بعملية الصنع بدلاً من الشراء فى الحالات الآتية : كلفة إنتاج أقل ، الموردون غير الملائمين ، استخدام الموارد الفائضة فى التوسعات ، المحافظة على الجودة المرغوبة ، والتخلص من تأثيرات المورد غير المرغوبة (كالابتزاز والتواطؤ) ، إلا أنه فى حالات أخرى يكون

الشراء هو القرار الأفضل عندما تكون : كلفة الحصول على المنتوج أقل من كلفة الصنع ، وهناك التزام جيد وعلاقات جيدة مع المورد ، توفير وقت الإدارة ، عدم توفر الموارد للتوسع فى الطاقة الحالية ، الحاجة لتقليص المخزون أو الأيدى العاملة ، وتحقيق المرونة فى الإنتاج واستخدام الموارد البديلة للمورد .

ومن أجل المفاضلة بين الصنع و الشراء و التوصل إلى القرار الصائب فى الحجم الأفضل لكل منهما ؛ يكون ضرورياً إجراء المقارنة بين كلف الصنع و الشراء و المثال الآتى يوضح ذلك .

مثال (٣-١) :

تتوقع شركة الهلال أن يكون الطلب على إنتاجها من الثلاجات الكهربائية (٢٠) ألف وحدة ، وكانت سعتها الإنتاجية الحالية (١٢) ألف وحدة . ومن أجل الإيفاء بالطلب الكامل ؛ كان أمامها بديلان : الأول يتمثل فى التوسع فى السعة الإنتاجية من خلال فرع جديد للشركة ، وهذا يتطلب كلفة ثابتة مقدارها (٦٠٠) ألف دينار و كلفة متغيرة للوحدة (٥٠) ديناراً ، والبديل الثانى : شراء ما تحتاج إليه من مورد خارجي و بسعر شراء (١٦٠) ديناراً للوحدة .

ما هو الخيار الأفضل : الصنع أو الشراء و ما هو مدى الأفضلية لكل منها ؟

الحل :

النقص فى الإنتاج = ٢٠ . ... - ١٢ . ... = ٨٠٠٠ وحدة .

الكلفة الكلية للصنع = ٦٠٠ . ... + (٨٠٠٠ x ٥٠) = ١٠٠٠ . ... دينار .

الكلفة الكلية للشراء = ١٦٠ x ٨٠٠٠ = ١٢٨٠ . ... دينار .

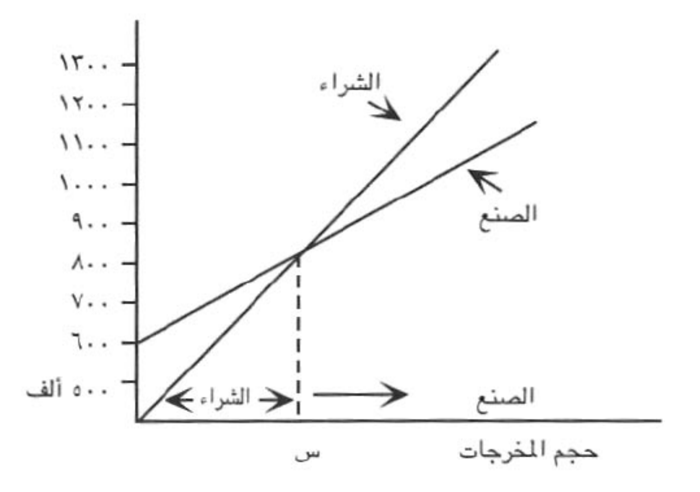
لاحتساب مدى الأفضلية يمكن تطبيق التعادل بالرسم البيانى لكلف الصنع أو الشراء ، و الشكل الآتى يوضح ذلك . و لاحتساب حجم المخرجات عند نقطة التعادل ؛ نأخذ معادلة تساوى الكلف الكلية عند هذه النقطة .

٦٠٠٠٠٠ + ٥٠ س = ١٦٠ س

٦٠٠ ٠٠٠ = ١٦٠س - ٥٠ س

٦٠٠ ٠٠٠ = ١٦٠س - ٥٠ س

س = $\frac{٦٠٠٠٠}{١١٠}$ = ٥٤٥٤ وحدة .



إذن فإن قرار الشراء يكون هو الأفضل عند المدى (١-٥٤٥٤) وحدة ، فى حين يكون قرار الصنع هو الأفضل ابتداء من (٥٤٥٤) وحدة وحتى ما لا نهاية .

ثانيا - المصنع الواحد أو المصانع المتعددة :

إن مشكلة الموقع تتطلب دراسة هل من الأفضل إقامة مصنع أو موقع واحد أم عدة مصانع صغيرة ؛ حيث إن لكل منهما مزايا و عيوباً لابد من مراعاتها ، و لتوضيح ذلك نشير إلى :

أ- إن الموقع الواحد يعنى إقامة مصنع واحد كبير ؛ للاستفادة من اقتصاديات الحجم الذى يقوم على أساس أن الوحدات الإنتاجية الكبيرة تكون أكثر اقتصادية ؛ لأن

الكلف الثابتة (الأرض ، البناء ، و الآلات و غيرها) تتوزع على عدد أكبر من المنتجات ؛ لهذا فإن زيادة المخرجات بنسبة معينة ينتج عنها زيادة بنسبة أقل فى الكلفة ؛ لذا فإن اقتصاديات الحجم تظهر فى خفض كلف التشغيل التى يتم تحملها لمرة واحدة فى حالة المصنع الواحد . وهذه الكلف تضم كلف الإعداد ، الصيانة ، والإشراف .. إلخ . وهى ذات علاقة طردية مع عدد المصانع (المواقع) . إلا أن الموقع الواحد بالمقابل يؤدى إلى زيادة كلف التوزيع و هى كلف النقل (جراء الابتعاد عن الأسواق) وتوفير خدمة الزبائن .

ب ـ المواقع المتعددة : للاستفادة من مزايا الاقتراب من الأسواق فى خفض كلف النقل ، وتحسين خدمة الزبائن حيث تكون كلف التوزيع فى أدنى مستوى لها عند تعدد المواقع بتعدد الأسواق ، إلا أن كلف التشغيل تأخذ بالارتفاع مع زيادة عدد المصانع .

نلاحظ مما تقدم أن الموقع الواحد يقلص كلف التشغيل ، إلا أنه يزيد من كلف التوزيع ، و بالعكس المواقع المتعددة تقلص من كلف التوزيع إلا أنها تزيد من كلف التشغيل ؛ لهذا و مع كلفتين متعاكستين فى الاتجاه ؛ فإن القرار الأمثل يكون بإيجاد نقطة التعادل بين الكلفتين أو أدنى كلفة كلية لكلتيهما ، والمثال (٣-٢) يوضح هذه الموازنة .

مثال (٣-٢) :

إحدى الشركات الاستشارية تقوم بدراسة لإدخال منتوج جديد ، و قد وجدت أن هناك خيارين فى الإنتاج ، الأول : إنشاء مصنع واحد ، والثانى إنشاء مصانع متعددة ، وقدرت الشركة أن كلف التشغيل هى كالآتى : فى المصنع الواحد (٣٠٠٠) دينار و فى مصنعين (٥٠٠٠) دينار ، فى ثلاثة مصانع (٨٠٠٠) دينار ، و فى أربعة مصانع (١٢٠٠٠) دينار . كما قدرت كلف التوزيع فى الحالات الأربع على التوالى كالآتى : (١٢٠٠٠) دينار ، (٧٠٠٠) دينار ، (٥٠٠٠) دينار ، و (٤٠٠٠) دينار .

المطلوب : ما هو العدد الأفضل للمصانع على أساس الكلفتين و ارسم ذلك بيانياً ؟

الحل :

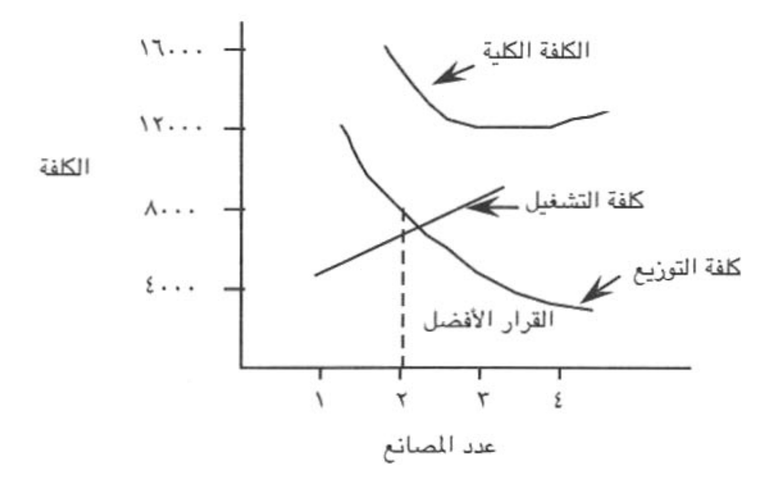
الكلفة الكلية فى المصنع الواحد = ١٥٠٠٠ دينار .

الكلفة الكلية فى المصنعين = ١٢٠٠٠ دينار .

الكلفة الكلية فى ثلاثة مصانع = ١٣٠٠٠ دينار .

الكلفة الكلية فى أربعة مصانع = ١٦٠٠٠ دينار .

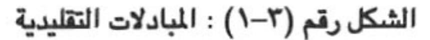
يلاحظ من الشكل أن القرار الأفضل يقع عند النقطة المقابلة لمصنعين (وليس عند تقاطع المنحنى حيث نقطة التقاطع تمثل نظرياً الكلفة الكلية الأدنى . و لكن لماذا لا يمكن اعتماد نقطة التقاطع ؟



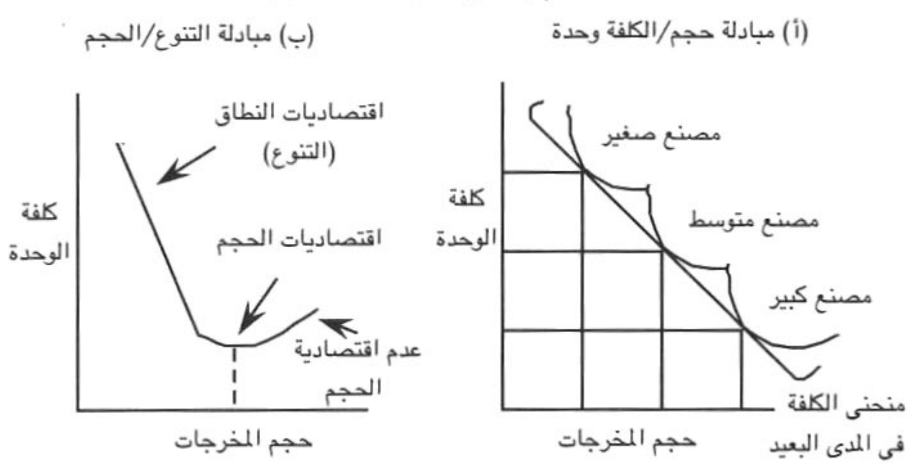
ثالثا - العلاقة بين حجم المصنع و كلفة الوحدة :

إن تحقيق اقتصاديات الحجم الذى يؤدى إلى ميزة تنافسية مهمة فى السوق تتمثل فى كلفة الوحدة المتدنية ، وتؤدى بالمقابل إلى فقدان ميزة التنوع أو المرونة فى الإنتاج ، و هو يعبر عنه باصطلاح اقتصاديات النطاق (Economies of Scope) الذى اقترحه (جولدهار I.Goldhar) عام ١٩٨٣م مشيراً إلى أنه من الأكفأ أن تنتج نفس المعدات مجموعة متنوعة من المنتجات .

إن الشكل رقم (٣-١) يوضح المبادلات التقليدية ففى الشكل (أ) نجد المبادلة ما بين حجم المصنع / كلفة الوحدة (Volume/Unit Cost Tradeoff) ، فكلما كبر حجم المصنع انخفضت كلفة الوحدة (اقتصاديات الحجم) . وفى الشكل (ب) نجد المبادلة بين التنوع (اقتصاديات النطاق) و حجم المصنع (اقتصاديات الحجم) . مع ملاحظة أن عدم اقتصادية الحجم تظهر ثانية بعد نقطة معينة لاقتصاديات الحجم ، فى حين يكون هناك القرار الأفضل الذى يمكن أن يجمع ما بين اقتصاديات النطاق بشكل مناسب و هذا ما يجب الاهتمام به .



الشكل رقم (٣-١) : المبادلات التقليدية



رابعا - الموقع فى قطاع الخدمات :

لقد تزايدت أهمية قطاع الخدمات و تنوعت مجالاته ؛ فأصبحت الشركات الخدمية تواجه مشكلة اختيار الموقع شأنها شأن الشركات الصناعية ، فرغم أن مراكز تقديم الخدمة تميل نمطيًا إلى التركيز على العوامل المرتبطة بالسوق و اختيار الموقع حيثما تتوفر المدخلات و الطلب على الخدمة ، إلا أن تنوع الخدمات أدى ببعض مراكز الخدمة إلى الانتشار و الابتعاد عن مراكز المدن ؛ فالمدن الطبية و الجامعية و المراكز الترفيهية

والرياضية و المصحات - أخذت تميل إلى الضواحى حيث المناطق الواسعة و الهادئة ؛ مما يجعلها نماذج دالة على التحول فى مواقع التسهيلات الخدمية .

إن *الخدمات لغرض تحليل الموقع* يمكن أن تصنف *إلى الخدمات الثابتة* و *هى التى* تقدم وتستهلك فى مراكز الخدمة مثل خدمات المستشفيات والجامعات والبنوك والمسارح والمطاعم ، والخدمات المجهزة ، وهى التى تستهلك حيثما تطلب مثل خدمات الطوارئ كالشرطة و الإطفاء و الإسعاف .

و فى تحديد موقع الخدمات الثابتة فإن كلفة الحصول الكلية على الخدمة هى المعيار المهم ؛ لهذا فإن الاقتراب من الزبائن يكون عاملاً مؤثراً فى اختيار الموقع لخفض هذه الكلفة . أما موقع الخدمات المجهزة ؛ فيتحدد بكلفة التجهيز الكلية ، وحيث إن خدمات الطوارئ تتطلب استجابة سريعة فى تقديم الخدمة عند الطلب إليها و بفعل الطبيعة العشوائية للتوقيت و التكرار لنداءات الخدمة ؛ فإن توفير سعة كبيرة ومكلفة فى مركز خدمة واحد يؤدى إلى ظهور خصائص خط الانتظار : ذروة طلب فى أوقات وسعة عاطلة فى أوقات أخرى ، مع تدنى سرعة الاستجابة جراء ابتعاد القاعدة - مركز الخدمة عن مناطق تقديم الخدمة (الطلب) ؛ لهذا فإن انتشار الخدمة من خلال مواقع متعددة تكون ضرورية و بكلفة معقولة .

كما يمكن تصنيف الخدمات إلى خدمات تتطلب اتصالاً عاليًا بالزبون كما فى الخدمات حسب الطلب كخدمات التشخيص الطبى والعلاقة و الاستشارات القانونية ، و خدمات تتطلب اتصالاً أدنى بالزبون ، كما فى الخدمات شبه الصناعية مثل خدمات البريد و معالجة الصكوك و المستودع المؤتمت . و فى النوع الأول من الخدمات فإن موقع الخدمة يجب أن يكون قريباً من مناطق استهلاكها ، أى من الزبائن ، فى حين أن النوع الثانى يكون أكثر مرونة ؛ لأن تقديم الخدمة لا يستلزم وجود الزبون شخصياً .

خامسا - الموقع فى الخارج :

إن الموقع فى الخارج يعبر عن الميل العام فى التوسع الذى تقوم به الشركات التى تفعل ما هو أفضل للاستحواذ على الأسواق وإعطاء أعمالها طابعاً دوليًا . و رغم أن

الموقع فى الخارج يمكن تفسيره تقليدياً من خلال التقرب من السوق و الاستفادة من ميزة العمل الرخيص ، إلا أن هذا وحده لا يكفى للتفسير ؛ لأن التقرب من الأسواق يعني الابتعاد عن المواد الأولية ، و العمل الرخيص سرعان ما يتغير بالزيادة السريعة فى الأجور ، ويشير (بوفا E.S.Buffa) إلى أن الأجور قد تكون عالية ، و مع ذلك فإن كلف العمل يمكن أن تكون منخفضة بشكل متزامن ؛ لأن العامل المهم هو الإنتاجية ؛ لهذا فإنه يخلص إلى أن المنتجات فى الصناعات التى لها محتوى عمل كبير نسبياً (كما فى الصناعات كثيفة العمل) و كلف أقل فى الخارج يمكن أن تعتمد على الموقع فى الخارج . أما الصناعات التى تهيمن فيها المواد و السعة و رأس المال على تركيب الكلف ، و تكون ذات كلفة عالية فى الخارج ؛ فإنها لا تميل إلى الموقع فى الخارج .

ويمكن أن نضيف إلى هذا التحليل الذى يركز على العمل الرخيص و الإنتاجية ، نزعة عولمة لدى الشركات الكبيرة فى الحاجة لإنماء الأسواق وتوسيعها على أساس التقسيم الدولى و الاستفادة من تفوقها الإدارى و التكنولوجى والتسويقى وفى الإنتاجية و غزو أسواق واسعة بالتقرب منها بهذا التفوق ، وكذلك من خلال الاستثمارات والمشروعات المشتركة التى تساعد على أن تكون مقبولة فى البيئات الخارجية ، كما تضمن فهماً وحساسية أكبر لخصائصها ؛ بما يساعد على الاستجابة الأفضل لحاجاتها .

إن الموقع الخارجى بقدر ما يمثل امتداداً وتوسيعاً لمفاهيم الموقع على مستوى البلد الواحد ؛ فإنه أيضاً يمثل تطويراً له ضمن بيئات متنوعة فى الخصائص ومتباينة فى القدرات ؛ لهذا فإن تقييم المواقع لابد أن يراعى ذلك كله ؛ لأن الميزة فى الإنتاج أو الكلفة وحدها قد لا تعنى ميزة فى بيئة أخرى ومن ضمانات العوامل غير الملموسة كاتجاهات الجماعة المحلية و اللوائح والقوانين و اتجاهاتها المستقبلية تتزايد أهميتها ، و مع ذلك فإن هناك بيئات خارجية - كما هو الحال فى دول جنوب شرقىّ آسيا - أصبحت ذات مزايا واضحة فى جذب الشركات الأمريكية الأوربية لإقامة المشروعات هناك .

٣-٦- طرق المفاضلة فى اختيار الموقع :

هناك طرق عديدة للمفاضلة بين المواقع البديلة التى تكون مرشحة لإنشاء مصنع جديد أو فرع جديد أو عند إعادة تقييم الموقع الحالى مع المواقع البديلة الأخرى . ونعرض فيما يأتى لبعض هذه الطرق مع التوسع فى ملحق هذا الفصل فى طريقة النقل ؛ نظراً لأهميتها فى المفاضلة ما بين المواقع البديلة عندما تكون كلفة النقل عالية .

أولا - المفاضلة على أساس الكلف و العوائد :

فى هذه الطريقة يمكن القيام بعملية المفاضلة وفق معيار الكلف الكلية التى يتم تحملها فى كل موقع من المواقع البديلة ؛ حيث يكون الموقع الأفضل هو الذى يتطلب أدنى كلفة كلية ، و يدخل ضمن هذا التقييم عند المفاضلة بين الكلفة الكلية للموقع الحالى والكلف الكلية للمواقع البديلة والاقتصادية . والمثال (٣-٣) يوضح ذلك .

مثال (٣-٣)

فى الجدول الآتى بيانات عن الكلف فى الموقع الحالى و ثلاثة مواقع مرشحة لاختيار أحدها بشرط أن يتحقق اقتصاد بالموارد بالمقارنة مع الموقع الحالى لا يقل عن (٧٪) فما هو الموقع الأفضل ؟

البيانات	الموقع الحالى	المواقع المرشحة		
		الموقع الأول	الموقع الثانى	الموقع الثالث
كلفة العمل	٣٠٠٠٠٠	٢٨٠٠٠٠	٣٤٠٠٠٠	٣٦٠٠٠٠
كلفة المواد	٥٠٠٠٠٠	٤٥٠٠٠٠	٤٨٠٠٠٠	٤٠٠٠٠٠
الخدمات المباشرة	٧٥٠٠٠	٧٠٠٠٠	٦٠٠٠٠	٩٠٠٠٠
الخدمات غير المباشرة	١٠٥٠٠٠	١٠٦٠٠٠	٧٥٠٠٠	٩٠٠٠٠

الحل :

- المقارنة بين المواقع المرشحة على أساس الكلف :

البيانات	الموقع الحالى	المواقع المرشحة		
		الموقع الأول	الموقع الثانى	الموقع الثالث
مجموع الكلف	٩٨٠٠٠٠	٩٠٦٠٠٠	٩٥٥٠٠٠	٩٤٠٠٠٠
الاقتصاد بالكلفة	-	٧٤٠٠٠	٢٥٠٠٠	٤٠٠٠٠
نسبة الاقتصاد	-	٧,٦	٢,٦	٤,١

إذن الموقع الأفضل هو الموقع المرشح الأول ؛ لأنه يحقق أكبر اقتصاد بالكلف ومقداره (٧٤) ألف دينار ، وهو ما يعادل (٧,٦٪) ، وهذه النسبة أكبر من النسبة المحددة لاختيار أحد المواقع و مقدارها (٧٪) .

عند توفر بيانات إضافية عن حجم الإنتاج والطلب و سعر الوحدة و الكلفة الثابتة - يكون بالإمكان احتساب الربح الكلى الذى يعتبر معياراً مهمًا فى عملية المفاضلة والمثال (٣ -٤) يوضح ذلك .

مثال (٣-٤)

فى المثال السابق توفرت البيانات الإضافية كما فى الجدول الآتى ، مع افتراض أن الكلفة الثابتة متساوية فى جميع المواقع و مقدارها (٢٠٠) ألف دينار . ما هو الموقع الأفضل باستخدام معيار الربح الكلى ؟

البيانات	الموقع الحالى	المواقع المرشحة		
		الموقع الأول	الموقع الثانى	الموقع الثالث
حجم المخرجات	١٣٥٠٠٠	١٥٠٠٠٠	١٣٠٠٠٠	١٤٥٠٠٠
سعر الوحدة (دينار)	٩,٥	٨	٩	٨,٨

الحل :

ر ك = ع ك – ك ك = (س x ح) – (ك ث + ك م)

رك = الربح الكلى ع ك = العوائد الكلية ك ك = الكلف الكلية

س = سعر الوحدة ح = حجم المخرجات ك ث = الكلفة الثابتة

ك م = الكلفة المتغيرة رك = الربح الكلى

رك (الموقع الحالى) = (٩٫٥ x ١٣٥ ٠٠٠) – (٢٠٠ ٠٠٠ + ٩٨٠ ٠٠٠) = ١٠٢٥٠٠ دينار .

رك (الموقع الأول) = (٨ x ١٥٠ ٠٠٠) – (٢٠٠ ٠٠٠ + ٩٠٦ ٠٠٠) = ٩٤ ٠٠٠ دينار .

رك (الموقع الثانى) = (٩ x ١٣٠ ٠٠٠) – (٢٠٠ ٠٠٠ + ٩٥٥ ٠٠٠) = ١٥ ٠٠٠٠ دينار .

رك (موقع الثالث) = (٨٫٨ x ١٤٥ ٠٠٠) – (٢٠٠٠ ٠٠٠ + ٩٤٠ ٠٠٠) = ١٣٦ ٠٠٠ دينار .

إذًا وفق معيار الربح الكلى فإن الموقع الأفضل هو الموقع الثالث الذى يحقق أعلى ربح كلى .

ثانيا – طريقة الحجم / الكلفة الموقعية :

إن طريقة الحجم / الكلفة الموقعية (Volume/Locational Cost) تدعى أيضًا طريقة تحليل التعادل ؛ حيث إن المعيار المستخدم فى هذه الطريقة معيار مزدوج يتكون من حجم المخرجات و الكلفة الكلية للموقع مقارنة بالطريقة السابقة التى تستخدم معيارًا واحدًا هو الكلفة الأدنى أو الربح الكلى . و المثال (٣–٥) يوضح استخدام هذه الطريقة .

مثال (٣–٥)

تقوم إحدى الشركات الاستشارية بالمفاضلة بين أربعة مواقع مرشحة لإقامة مصنع جديد ، و بعد الدراسة توفرت لديها البيانات الآتية المتعلقة بالكلف الثابتة والكلفة المتغيرة للوحدة فى المواقع الأربعة .

الموقع	الكلفة الثابتة (دينار)	الكلفة المتغيرة للوحدة (دينار)
الأول	٢٢٠٠٠٠	٨
الثانى	١٧٠٠٠٠	١٤
الثالث	١٥٠٠٠٠	١٨
الرابع	٢٠٠٠٠٠	١٩

المطلوب :

١- تحديد الموقع الأفضل إذا بلغ حجم الطلب المتوقع (وهو حجم المخرجات المطلوب) (١٠) آلاف وحدة باستخدام طريقة الحجم / الكلفة الموقعية .

٢- تحديد مناطق الأمثلية للمواقع الأربعة باستخدام طريقة الحجم/الكلفة الموقعية .

٣- فى حالة انخفاض الطلب المتوقع إلى (٨) آلاف وحدة ، هل يبقى الموقع الأفضل فى المطلوب (١) هو الأفضل أيضاً .

الحل :

١- نحسب الكلفة الكلية (ك ك) عند مستوى الطلب المتوقع (حجم المخرجات المطلوب) للمواقع الأربعة :

ك ك (الموقع الأول) = ٢٢٠ ٠٠٠ + (٨ x ٠٠٠ ١٠) = ٣٠٠ ٠٠٠ دينار .

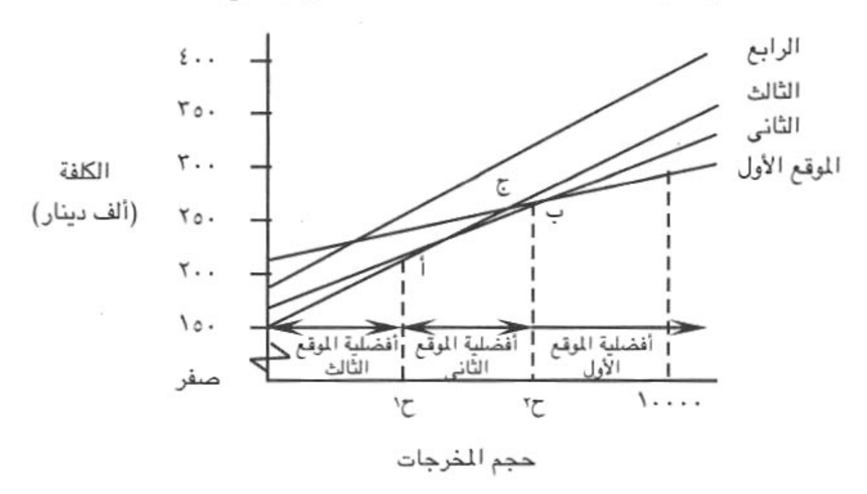
ك ك (الموقع الثانى) = ١٧٠ ٠٠٠ + (١٤ x ٠٠٠ ١٠) = ٣١٠ ٠٠٠ دينار .

ك ك (الثالث) = ١٥٠٠٠٠ + (١٨ x ١٠٠٠٠) = ٣٣٠٠٠٠ دينار .

ك ك (الرابع) = ٢٠٠ ٠٠٠ + (١٩ x ٠٠٠ ١٠) = ٣٩٠ ٠٠٠ دينار .

٢- نرسم المواقع الأربعة على شكل بيانى واحد بتمثيل كل موقع بنقطتى تمثل الكلف الكلية عند مستويين من المخرجات . المستوى الأول صفر (حيث الكلفة الكلية عند

هذا المستوى تكون مساوية للكلفة الثابتة) ، وعند مستوى المخرجات المطلوب (١٠) آلاف وحدة والتى سبق احتسابها سابقاً . والشكل الآتى يوضح هذه الخطوة .



إن الشكل يوضح أن هناك نقاط تقاطع ، و لتحديد حجم المخرجات (ح١) عند نقطة التقاطع (أ) ؛ نأخذ معادلة تساوى الكلف للموقعين اللذين تقاطع منحنيا كلفهما الكلية (الثانى - الثالث) فى تلك النقطة .

$$١٧٠٠٠٠ + ١٤ ح_١ = ١٥٠٠٠٠ + ١٨ ح_١$$

$$٢٠٠٠٠ = ٤ ح_١$$

$$ح_١ = ٥٠٠٠$$ وحدة .

وعند نقطة التقاطع (ب) للموقعين (الأول - الثانى)

$$٢٢٠٠٠٠ + ٨ ح_٢ = ١٧٠٠٠٠ + ١٤ ح_٢$$

$$٥٠٠٠٠ = ٦ ح_٢$$

$$ح_٢ = ٨٣٣٣$$ وحدة .

نلاحظ من الخطوة السابقة أن ح١ = ٥٠٠٠ وحدة ، وهذا أقل من حجم المخرجات المطلوب ؛ لذا ننتقل لنقطة التقاطع (ب) حيث ح٢=٨٣٣٣ وحدة ، وهذه أيضًا أقل من حجم المخرجات المطلوب ؛ لهذا فإن الموقع الأفضل عند حجم المخرجات المطلوب (١٠) آلاف وحدة هو الموقع ذو منحنى الكلفة الكلية الأدنى بعد نقطة التقاطع (ب) وهو موقع (الأول) .

٢- مناطق الأمثلية : بعد تحديد حجم المخرجات عند النقاط (أ) و (ب) و هما أدنى نقطتين بين نقاط التقاطع الأربع يمكن تحديد مناطق الأمثلية كالآتى :

منطقة أمثلية (الثالث) تمتد من صفر - ٥٠٠٠ وحدة .

منقطة أمثلية (الثانى) تمتد من ٥٠٠٠ - ٨٣٣٣ وحدة .

منقطة أمثلية (الأول) تمتد من ٨٣٣٣ - ١٠٠٠٠ وحدة .

لا توجد منقطة أمثلية للموقع (الرابع) لارتفاع الكلفة الكلية .

يلاحظ أننا لم نأخذ نقطتى التقاطع (ج) و (د) لأنهما عاليتان .

٣ -عند تغير الطلب إلى (٨) آلاف وحدة ؛ فإن موقع (الأول) الذى كان هو الأفضل عند حجم المخرجات السابق أى (١٠) آلاف وحدة - لا يظل هو الأفضل ، وإنما الموقع الأفضل الجديد هو موقع (الثانى) ؛ لأن منطقة أمثليته تمتد من (٥٠٠٠-٨٣٣٣) وضمنها يقع الطلب (٨) آلاف وحدة .

ثالثا - نموذج الوسيط البسيط :

إن نموذج الوسيط البسيط (Simple Median Model) يساعد فى تحديد الموقع الأفضل (أو الأمثل) اعتماداً على ثلاثة عوامل هى :

أ ـ الحمولات : المنقولة من الموقع الجديد المطلوب اختياره إلى الأماكن المخصصة التى قد تمثل المستودعات ، الأسواق ، أو المصانع الأخرى للشركة (أو بالعكس) .

ب ـ المسافات : تمثل الأطوال التى تتحرك عليها الحمولات من الموقع الجديد إلى الأماكن المخصصة .

ج ـ الكلف (Costs) : لنقل وحدة حمولة لوحدة مسافة من الموقع الجديد إلى الأماكن المخصصة .

و من أجل توضيح استخدام النموذج ؛ سنأخذ المثال (٣-٦) و من خلال الحل نَصِفُ خطوات التطبيق للنموذج .

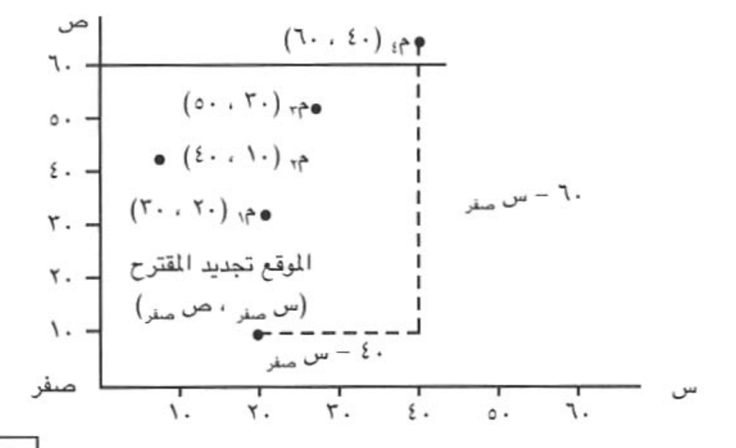
مثال (٣-٦)

شركة (أ ب ج) تقوم بدراسة لتحديد موقع لمصنعها الجديد الثالث الذى يستلم المواد الأولية من المصنعين الآخرين هما (م١) و (م٢) ، وأن المصنع الجديد سينتج منتجات نهائية يجب أن تشحن إلى مستودعى توزيع هما (م٣) و (م٤) . إن الموقع المقترح للمصنع الجديد والمواقع الأربعة (المصنعين و المستودعين) والمسافات بينه وبين المواقع الأربعة لإحداثيات (س) و (ص) - وضعت كما فى الشكل الآتى .

(ملاحظة : إن الموقع المقترح يتم اختياره بشكل اختيارى ، وتحسب المسافات بينه و بين المواقع الأخرى و يكون بمثابة الحل الأولى) .

يلاحظ أن (م٤) تبعد عن نقطة الأصل (صفر) على المحور السينى (٤٠) ، و إذا كان الموقع الجديد المقترح (س صفر) على المحور السينى ، إذن (م٤) تبعد عنه (٤٠- س صفر) . و نفس الشىء بالنسبة إلى (م٤) بالعلاقة مع المحور الصادى .

الشكل رقم (٣-٢) : مصادر المواد الأولية ومستودعات التوزيع



والسؤال المهم هو أين يجب أن يوضع المصنع الثالث الجديد ليحقق أدنى كلفة نقل فى شبكة الشركة الحالية ؟ إن نموذج الوسيط البسيط فى مثل هذه المشكلات يمكن أن يقدم الحل الأمثل . و لاستكمال الحل باستخدام هذا النموذج فإذا كانت الحمولات السنوية بين المواقع الأربعة و الموقع الجديد (و) هى كالآتى :

من المصنع (م١) إلى المصنع أو الموقع الجديد (٧٥٥) طنًا .

من المصنع (م٢) إلى المصنع أو الموقع الجديد (٩٠٠) طن .

من المصنع الجديد إلى المستودع (م٣) (٥٤٠) طنًا .

من المصنع الجديد إلى المستودع (م٤) (٥٠٠) طن .

وأن الكلفة لنقل وحدة حمولة كوحدة مسافة بين المواقع الأربعة و المصنع الجديد هى (١) دينار ، ومن هذه المعلومات يمكن تنظيم الجدول الآتى .

المواقع الحالية م ك	الحمولات السنوية (و ك) بين (م ك) والمصنع الجديد	الكلفة (ك ك) لتحريك وحدة حمولة لوحدة مسافة (دينار)	إحداث الموقع (س ك ، ص ك) للموقع (م ك) (س ك ، ص)
م١	٧٥٥	١	(٢٠ ، ٣٠)
م٢	٩٠٠	١	(١٠ ، ٤٠)
م٣	٥٤٠	١	(٣٠ ، ٥٠)
م٤	٥٠٠	١	(٤٠ ، ٦٠)
المجموع	٢٦٠٥		

(ك) هو دليل المواقع الحالية .

وعلى افتراض أن (ف ك) تمثل وحدات المسافة بين المواقع الأربعة الحالية (م ك) والموقع أو المصنع الجديد ؛ فإن الكلفة الكلية للنقل تحسب وفق الصيغة الآتية :

كلفة النقل الكلية = $\sum_{ك=1}^{ن}$ ك ك و ك ف ك ــــــــــــــــ (٣-١)

ن = المجموع الكلى للمواقع .   ك = المواقع المعنية .

فـى هـذا النموذج نفترض أن نقل الحمولات على مسارات مستطيلة ، أى أن شبكة الطرق تمثل طرقًا رأسـيـة وأفـقـيـة ؛ فـإن المسـاحـة بين أى مـوقـع من المواقع الحـاليـة والمصنع الجديد سيقاس من خلال الفرق المطلق فى إحداثيات (س) والفرق المطلق فـى إحـداثيات (ص) ، وإن حساب القيمة المطلقة للفـروق (ق ك) (لأن المسافة دائمًا موجبة) يتم باستخدام المعادلة الآتية :

ق ك = |س ك - س صفر| + |ص ل - ص صفر| .... (٣-٢)

إن هدفنا هو إيجاد وتحديد الموقع الجـديد ، أى تحـديد (س صفر ، ص صفر) الذى ينتج أدنى كلفة كلية للنقل وهذا يتم من خلال ثلاث خطوات :

١- تحديد القيمـة الوسيطة للحمولات : إن العـدد الكلى للحـمولات المنقـولة من و إلى المصنـع الجـديد من الجـدول هـى (٢٦٠٥) أطنان . وإذا نحن فكرنا فى كل حـمـولة بشـكل منفـرد ؛ فـإن عـددها سـيكون مـن (١) إلى (٢٦٠٥) ، عندئذ يكون عـدد الحـمـولة الوسـيطة هو العـدد الوسطى ، أى هو العـدد الذى يكون نصف عـدد الحمولات فوقه والنصف الآخر تحته فى الترتيب . و بالنسبة إلى (٢٦٠٥) حمولات ، فإن العدد الوسيط للحمولة هو (١٣٠٣) حمولات ؛ لأن (١٣٠٢) يقع فوقه و نفس العدد يقع تحته .

٢- إيجـاد إحـداثى - س للحـمولة الوسـيطة : لا نأخـذ حركـة الحـمولات باتجـاه - س ابتداء من الأصل فى الشكل السابق و التحرك إلى اليمين على طول المحور السينى . ويلاحظ عدد الحمولات المنقولة من و إلى المواقع الحالية : إن الحمولات من (١-٩٠٠) تشـحن بواسطة المصنع ($م_٢$) من الموقع س =١٠ ، و من ثم (٩٠١ -١٦٥٥) حـمولة شـحن من المصنع ($م_١$) من الموقـع س = ٢٠ ، و هو مـوقـع إحـداثى - س للـمصنـع الجـديد (لأن ١٦٥٥ هو الأقـرب إلى القيـمة الوسيطة (١٣٠٣) من (٩٠٠) ، أو من الإحداثى اللاحق س =٣٠ ، حيث العدد سيكون (٢١٩٥) حمولة .

٣- إيجاد إحداثى ـ ص للحمولة الوسيطة : فى هذه الخطوة يتم الاهتمام بحركة الحمولات باتجاه ـ ص ؛ فنبدأ عند الأصل فى الشكل السابق والتحرك إلى الأعلى على طول المحور الصادى ، أى أن الحركة فى اتجاه - ص يبدأ من (١-٧٥٥) حمولة تشحن من المصنع (م١) ؛ (لأن أدنى قيمة على المحور الصادى للمواقع الحالية الأربعة هى (٣٠) للموقع الأول (م١) و من الموقع ص =٣٠ ، و من ثم الحملات (٧٥٦ - ١٦٥٥) حمولة تشحن من المصنع (م٢) من الموقع ص =٤٠ ؛ لذا فإن الحمولة الوسيطة تقع فى المدى أو الفئة (٧٥٦-١٦٥٥) حمولة ؛ و أن ص=٤٠ هى إحداثى ـ ص المرغوب بالنسبة للمصنع الجديد .

إذن من الخطوات الثلاث نصل إلى أن موقع المصنع الجديد الأمثل يكون عند س =٢٠ و ص = ٤٠ ، و هذا ينتج أدنى كلفة نقل سنوية لشبكة المواقع الخمسة (ضمنها المصنع الجديد) التى يمكن احتسابها باستخدام المعادلتين (٣-١) و (٣-٢) :

كلفة النقل الكلية = مجـ (ك =١ إلى ن) ك ك و ك (|س ك - س صفر|) + (|ص ك - ص صفر|) .... (٣-٢)

كلفة النقل الكلية = (١٠x ٧٥٥) + (١٠ x ٩٠٠) + (٢٠ x٤٥٠) + (٤٠x ٥٠٠) x (١)
= ٤٥٥٥٠ ديناراً .

والجدول الآتى يوضح احتساب الفروق المطلقة (المسافات بين المواقع الحالية (م ك) و المصنع الجديد) و الحمولة السنوية ، مع ملاحظة أن كلفة نقل وحدة حمولة لوحدة المسافة ثابتة مقدارها دينار واحد كما هو فى الجدول .

المواقع الحالية (م ك)	إحداثى – س للموقع (م ك)	إحداثى – س للموقع (م ك)	المسافة بين (م ك) والمصنع الجديد اتجاه – س |س ك – ٢٠|	اتجاه – ص |ص ك – ٤٠|	المسافة الكلية ق ك (٤+٥)	الحمولة السنوية بين المواقع م ك والمصنع الجديد	كلفة وحدة حمولة لوحة مسافة	كلفة النقل السنوية ٦ X ٧ X ٨
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
م١	٢٠	٣٠	صفر	١٠	١٠	٧٥٥	١	٧٥٥٠
م٢	١٠	٤٠	١٠	صفر	١٠	٩٠٠	١	٩٠٠٠
م٣	٣٠	٥٠	١٠	١٠	٢٠	٤٥٠	١	٩٠٠٠
م٤	٤٠	٦٠	٢٠	٢٠	٤٠	٥٠٠	١	٢٠٠٠٠
المجـــــمـــــوع								٤٥٥٥٠

هناك ملاحظات مهمة لابد من مراعاتها فى هذا النموذج :

١- أن الاهتمام كان ينصبّ فى هذه الحالة على إضافة مصنع جديد واحد .

٢- يجب ملاحظة افتراض مهم فى النموذج هو أن أى نقطة فى نظام إحداثيات (س ، ص) هى نقطة مقبولة لموقع المصنع الجديد .

٣- أن النموذج لا يأخذ فى الاعتبار مدى توفر الحمولة ، أو الكثافة السكانية ، أو أية اعتبارات أخرى غير تكلفة النقل .

رابعا - نموذج مقياس الموقع :

نموذج مــقــيــاس الموقع (Location Measure Model) الذى قدمــه (براون وجيبسون P.A.Brown and D.F.Gibson) فى محاولة معالجة نوعين من العوامل الموضوعية و الذاتية التى تؤثر فى الموقع مع معالجة التقييمات الذاتية لهذه العوامل بشكل قابل للتكميم ، ونعرض لهذا النموذج فى الخطوات الآتية :

الخطوة الأولى : تحديد العوامل المؤثرة فى اختيار الموقع والتى ستتضمنها دراسة تحديد الموقع ، ومن ثم تحديد المواقع التى تتوفر فيها هذه العوامل التى تعتبر بمثابة عوامل حرجة ، فمثلاً المصنع الذى يحتاج إلى المياه بكمية كبيرة ، فإن الموقع الذى تتوفر فيه عوامل جذابة أخرى إلا أنه يعانى من نقص المياه يهمل .

الخطوة الثانية : جمع البيانات عن هذه العوامل و التعبير عن الكلف المرتبطة بها بوحدات نقدية ، عندئذ يحدد العامل الموضوعى (ع م) لكل موقع بضرب كلفة الموقع بالدينار (ج ك) بمجموع معكوس كل الكلفة (مج ١\ج ك) ، و من ثم أخذ معكوس الناتج أى :

ع م ك = [ج ك x مج (١\ج ك)] -١ .... (٣-٣)

إن هذا الحساب يمكن تطبيقه على ثلاثة مواقع تم تحديد كلف أربعة عوامل مؤثرة فى الموقع ، كما فى الجدول رقم (٣ – ٣) .

الجدول رقم (٣ – ٣) كلف أربعة عوامل

الموقع (ك)	الكلف السنوية (ألف دينار)				مج
	العمل	التسويق	المنافع	الضرائب	
١	٢٤٨	١٨١	٧٤	١٦	٥١٩
٢	٢١١	٢٠٢	٨٢	٨	٥٠٣
٣	٢٣٠	١٦٥	٩٠	٢١	٥٠٦

للتوصل إلى تقييم العامل الموضوعى (ع م) لكل موقع ؛ فإن [مج (١ \ ج ك)] يحسب أولاً :

مج (١ \ ج ك) = ١ \ ٥١٩ + ١ \ ٥٠٣ + ١ \ ٥٠٦ = ٠,٠٠٥٨٩١

بعدئذ يمكن احتساب العامل الموضوعى لكل موقع من المواقع كالآتى باستخدام المعادلة (٣-٣) .

ع م١ = (٥١٩ x ٠,٠٠٥٨٩١)$^{-1}$ = ٠,٣٢٧١

ع م٢ = (٥٠٣ x ٠,٠٠٥٨٩١)$^{-1}$ = ٠,٣٣٧٤

ع م٣ = (٥٠٦ x ٠,٠٠٥٨٩١)$^{-1}$ = ٠,٣٣٥٥ .

يلاحظ أن (مج ع م ك) يجب أن يساوى واحداً .

الخطوة الثالثة : احتساب و تقييم أهمية العوامل الذاتية غير الملموسة فى نظر صانع القرار ، و ذلك باستخدام طريقة الاختيار القسرى لمقارنة تفضيلات كل عامل مع العوامل الأخرى . فلو افترضنا أن هناك ثلاثة عوامل ذاتية غير ملموسة مثل : السكن ، وسائل الترفيه ، و المنافسة ، فعند المقارنة بين السكن ووسائل الترفيه ، إذا كان تفضيل السكن على وسائل الترفيه نأخذ قيمة (صفر) ، ومصفوفة التفضيل توضح ذلك ؛ حيث يظهر من هذه المقارنة أن صانع القرار غير مبالٍ بالترفيه والمنافسة لتساوى القيمة ، وأن عامل السكن هو المفضل على كليهما . إن عدد مرات تفضيل العامل يقسم على العدد الكلى للتفضيلات للتوصل إلى تقييم أهمية العامل .

ويوضح الجدول رقم (٣-٤) مصفوفة التفضيلات .

الجدول رقم (٣ - ٤) مصفوفة التفضيلات

العامل	قرار المقارنة		المنافسة	مجموع التفضيلات	أهمية العامل	
	السكن	الترفيه				
السكن	-	١	١	٢	٤/٢	= ٠,٥
الترفيه	صفر	-	١	١	٤/١	= ٠,٢٥
المنافسة	-	صفر	-	١	٤/١	= ٠,٢٥
المجموع				٤		= ١,٠٠

بعدئذ تتم مقارنة كل عامل من العوامل غير الملموسة الثلاثة (السكن ، وسائل الترفيه ، المنافسة) فى المواقع الثلاثة (أ ، ب ، ج) والتوصل إلى التقييمات الذاتية لهذه العوامل حسب المواقع كالآتى :

الجدول رقم (٣ - ٥) التقييمات الذاتية للعوامل

عامل السكن				
الموقع	١	٢	٣	أهمية العامل
١	-	صفر	١	٠,٣٣
٢	صفر	-	صفر	صفر
٣	١	١	-	٠,٦٧

عوامل وسائل الترفيه				
الموقع	١	٢	٣	أهمية العامل
١	-	صفر	صفر	صفر
٢	١	-	١	٠,٦٧
٣	١	صفر	-	٠,٣٣

عامل المنافسة				
الموقع	١	٢	٣	أهمية العامل
١	-	صفر	١	٠,٢٥
٢	١	-	صفر	٠,٢٥
٣	١	١	-	٠,٥٠

تخليص المواقع حسب العوامل			
	١	٢	٣
السكن	٠,٣٣	صفر	٠,٦٧
الترفيه	صفر	٠,٦٧	٠,٣٣
المنافسة	٠,٢٥	٠,٢٥	٠,٥٠

إن تقييم العامل النوعى يمكن التوصل إليه فى كل موقع من خلال استخدام أهمية العامل التى تم التوصل إليها فى مرحلتين : الأولى عند مقارنة العوامل مع بعضها كما فى مصفوفة التفضيلات ، والثانية عند تقييم كل عامل حسب المواقع الثلاثة كما هو ظاهر فى جدول تلخيص التقييمات السابق ، أى أن العامل الذاتى (م ذك) للمواقع يكون كالآتى :

ع ذ١ = ٠,٥ (٠,٣٣) + ٠,٢٥ (صفر) + ٠,٢٥ (٠,٢٥) = ٠,٢٢٧٥

ع ذ٢ = ٠,٥ (صفر) + ٠,٢٥ (٠,٦٧) + ٠,٢٥ (٠,٢٥) = ٠,٢٣٠٠

ع ذ٣ = ٠,٥ (٠,٦٧) + ٠,٢٥ (٠,٣٣) + ٠,٢٥ (٠,٥) = ٠,٥٤٢٥

الخطوة الرابعة : فى هذه الخطوة تقوم الإدارة فى ضوء خبرتها وسياسات الشركة بإعطاء وزن نسبى للعوامل الموضوعية مقابل العوامل الذاتية ، فإذا هى رأت أن العوامل الموضوعية والعوامل الذاتية متساوية الأهمية ؛ فهذا يعنى أن الوزن النسبى

(و) للعوامل الموضوعية سيكون (٠,٥) ، والوزن النسبى للعوامل الذاتية (١- و) يساوى (٠,٥) ، أما إذا أعطت الوزن النسبى (٠,٦٧) للعوامل الموضوعية ؛ فإن الوزن النسبى للعوامل الذاتية سيكون (٠,٣٣) .

الخطوة الخامسة : احتساب مقياس الموقع للمواقع (م م ك) وفق المعادلة الآتية :

م م ك = و(ع م ك) + (١- و) (ع ذ ك) .... (٣-٤)

م م (الموقع١) = ٠,٦٧ ٠,(٠,٣٢٧١) + ٠,٣٣ (٠,٢٢٧٥) = ٠,٢٩٤٢٣

م م (الموقع ٢) = ٠,٦٧ (٠,٣٣٧٤) + ٠,٣٣ (٠,٢٣٠٠) = ٠,٣٠١٩٦

م م (الموقع ٣)= ٠,٦٧ (٠,٣٣٥٥) + ٠,٣٣ (٠,٥٤٢٥) = ٠,٤٠٣٨١

إن قيمة مقياس الموقع الأكبر تمثل الموقع الأفضل ؛ لهذا فإن الموقع (٣) هو الأفضل فى هذا المثال .

خامسا - طريقة العوامل النوعية :

يمكن تصنيف العوامل المؤثرة فى الموقع إلى عوامل كمية و هى العوامل التى يمكن وصفها بطريقة كمية أو نقدية ، و عوامل نوعية و هى العوامل التى لا يمكن أو من الصعب قياسها بوحدات كمية أو نقدية ؛ لهذا يتم الاعتماد على الخبرة و التقدير الذاتى لأهميتها . و تمثل طريقة العوامل النوعية ، و تدعى أيضًا التحليل النوعى أداة مفيدة لمعالجة هذه العوامل من خلال إعطاء أوزان نسبية و نقاط لهذه العوامل حسب توفرها فى الموقع ، و بعد احتساب النقاط المحرزة يمكن على أساسها المقارنة والمفاضلة بين المواقع ؛ حيث إن الموقع الذى يحقق أكبر مجموع من هذه النقاط يكون هو الموقع الأفضل . و لابد من الإشارة إلى أن العوامل الكمية تعتبر عوامل موضوعية ؛ لهذا فإنها أداة المفاضلة الأكثر استقرارًا و دقة ، إلا أن العوامل الكمية (مثل الكلفة أو الربح) عندما تتساوى أو تتقارب فى المواقع ؛ فإن الإدارة قد تلجأ إلى العوامل النوعية لغرض المفاضلة ، كما يتم اللجوء إلى التحليل النوعى عندما تكون

العوامل الكمية (الكلف) أقل أهمية فى المفاضلة . و نعرض فيما يأتى خطوات هذه الطريقة :

أ - تحديد العوامل النوعية المؤثرة فى الموقع .

ب - وضع مقياس التفضيل الذى يحدد مدى النقاط المحرزة مثلاً (صفر-١٠) .

ج - تحديد وزن نسبى لكل عامل من العوامل النوعية حسب أهميته النسبية بالمقارنة مع العوامل الأخرى .

د - تقييم المواقع البديلة حسب مدى توفر العوامل النوعية فيها ؛ بإعطاء تقييم رقمى أو نقاط محرزة .

هـ- احتساب النقاط المحرزة من قبل كل موقع من خلال ضرب التقييم الرقمى المعطى لكل عامل نوعى بالوزن النسبى للعامل .

و ـ المفاضلة بين المواقع بإحدى الطرق الآتية :

أولاً : على أساس مجموع النقاط المحرزة من قبل كل موقع فقط .

ثانيًا : تحويل العوامل الكمية أو النقدية إلى نقاط محرزة .

ثالثًا : تحويل العوامل النوعية إلى عوامل كمية باستخدام مكافئ نقدى لكل نقطة محرزة .

والمثال (٣-٦) يوضح استخدام هذه الطريقة .

مثال (٣ - ٦)

تقوم شركة الخليج باختيار موقع جديد لفرعها الثالث فى إطار سياستها فى التوسع فى اللامركزية فى الإنتاج ، وبعد جمع المعلومات وتحليلها توصلت إلى أن هناك ثلاثة مواقع مرشحة ، وقدرت الكلفة الكلية السنوية للإنتاج فيها كالآتى :

الموقع	الكلفة الكلية السنوية
بنغازى	٥٧٨٠٠
درنة	٦٠٢٠٠
طبرق	٥٨٦٠٠

وقد حددت الإدارة بالاعتماد على خبرتها الطويلة أربعة عوامل نوعية تتوفر بدرجات متباينة فى المواقع المرشحة ، ووضعت مقياسًا مكونًا من (صفر - ٢٠٠) نقطة ، وقيّمت توفر العوامل النوعية فى المواقع مع تحديد وزن نسبى لكل عامل يعكس أهميته النسبية بالعلاقة مع العوامل الأخرى كما فى الجدول الآتى :

العوامل النوعية	الوزن النسبى (١-٥)	النقاط المحرزة		
		بنغازى	درنة	طبرق
اتجاهات الجماعة المحلية	٥	٢٠٠	١٨٠	١٩٠
التسهيلات البيئية	٤	١٥٠	١٧٠	١٨٠
تطور الخدمات العامة	٢	١٤٠	١٣٠	١٦٠
المناخ	١	١١٠	١٢٠	١٠٠

المطلوب :

١ - تحديد الموقع الأفضل على أساس المجموع الكلى للنقاط المحرزة من قبل المواقع دون مراعاة الكلفة الكلية .

٢ - تحديد الموقع الأفضل إذا كانت الإدارة قد حددت أن كل نقطة محرزة تعادل (٥) دنانير .

٣ - تحديد الموقع الأفضل إذا اعتبرت الإدارة النقاط المحرزة بمثابة مزايا ضمنية فى الموقع يمكن أن تساهم فى خفض الكلفة الكلية المتوقعة لكل موقع .

الحل :

١- نحسب المجموع الكلى للنقاط المحرزة فى كل موقع .

العوامل النوعية	الوزن النسبى (١-٥)	النقاط المحرزة		
		بنغازى	درنة	طبرق
اتجاهات الجماعة المحلية	٥	٢٠٠ X ٥ = ١٠٠٠	١٨٠ X ٥ = ٩٠٠	١٩٠ X ٥ = ٩٥٠
التسهيلات البيئية	٤	١٤٠ X ٤ = ٦٠٠	١٧٠ X ٤ = ٦٨٠	١٨٠ X ٤ = ٧٢٠
تطور الخدمات العامة	٢	١٤٠ X ٢ = ٢٨٠	١٣٠ X ٢ = ٢٦٠	١٦٠ X ٢ = ٣٢٠
المناخ	١	١١٠ X ١ = ١١٠	١٢٠ X ١ = ١٢٠	١٠٠ X ١ = ١٠٠
المجموع		١٩٩٠	١٩٦٠	٢٠٩٠

إن المجموع الكلى الأعلى للنقاط تحقق فى موقع طبرق ؛ لذا فهو الأفضل .

٢ – تحويل العوامل الكمية والنقدية إلى نقاط محرزة (كل خمسة دنانير تساوى نقطة واحدة) ؛ وذلك لتحديد الموقع الذى يسجل أعلى مجموع من النقاط المحرزة والمتحققة من كلا النوعين من العوامل الكمية (النقدية) والنوعية ، وذلك بتحديد أعلى كلفة كلية بين المواقع ، ومن ثم طرح الكلف الكلية للمواقع منها وقسمة الناتج على المكافئ النقدى للنقطة . (لاحظ أن أعلى كلفة كلية سنوية هى ٦٠٢٠٠ دينار) .

$$\text{بنغازى} = \frac{٦٠٢٠٠ - ٥٧٨٠٠}{٥} = ٤٨٠$$

$$\text{درنة} = \frac{٦٠٢٠٠ - ٦٠٢٠٠}{٥} = \text{صفر}$$

$$\text{طبرق} = \frac{٦٠٢٠٠ - ٥٨٦٠٠}{٥} = ٣٢٠$$

المجموع الكلى للنقاط المحرزة للمواقع :

بنغازى = ٤٨٠ + ١٩٩٠ = ٢٤٧٠ نقطة .

درنة = صفر + ١٩٦٠ = ١٩٦٠ نقطة .

طبرق = ٣٢٠ + ٢٠٩٠ = ٢٤١٠ نقاط .

إذًا الموقع الأفضل هو موقع بنغازى

٣– احتساب القيمة النقدية للنقاط المحرزة (التى تعتبر ميزة ضمنية فى الموقع) :

بنغازى = ١٩٩٠ x ٥ = ٩٩٥٠ ديناراً .

درنة = ١٩٦٠ x ٥ = ٩٨٠٠ دينار .

طبرق = ٢٠٩٠ x ٥ = ١٠٤٥٠ ديناراً .

احتساب الكلفة الكلية الجديدة (ك ك) لكل موقع :

ك ك (بنغازى) = ٥٧٨٠٠ – ٩٩٥٠ = ٤٧٨٥٠ ديناراً .

ك ك (درنة) = ٦٠٢٠٠ – ٩٨٠٠ = ٥٠٤٠٠ دينار .

ك ك (طبرق) = ٥٨٦٠٠ – ١٠٤٥٠ = ٤٨١٥٠ ديناراً .

إذاً الموقع الأفضل هو موقع بنغازى ؛ لأنه أقل كلفة كلية .

٣-٧- الاتجاهات الحديثة فى اختيار الموقع :

لا شك أن اتجاهات الماضى فى عملية اختيار الموقع تتغير مع الوقت ؛ فالموقع الجيد فى مدينة صغيرة قد لا يظل جيداً مثلاً لعدم القدرة على التوسع ؛ إذا أصبحت هذه المدينة كبيرة ، ووجد المصنع نفسه محاصراً بالأحياء السكنية . و كذلك الحال فى الموقع الذى تم اختياره على أساس القرب من الطاقة الكهربائية فإن الشبكة الوطنية لمحطات توزيع الكهرباء أصبحت تقلل من أهمية هذا العامل فى عدد كبير من المصانع ؛ لهذا كله فإن السؤال المهم أصبح هو : أين تتجه المصانع فى الوقت الحاضر ؟ و ما هى الاتجاهات الحديثة فى اختيار الموقع ؟

إن (جاريت وسليفر Garrett and Silver) أشارا إلى أن هناك ثلاثة اتجاهات حديثة فى اختيار الموقع :

أ – اللامركزية فى مواقع الأعمال : حيث إن الكثير من الشركات أخذت تقيم فروعاً جديدة بدلاً من التوسع فى المواقع الحالية .

ب – الابتعاد عن المدن الكبيرة إلى المواقع منخفضة الكلفة وقليلة الضرائب .

ج – اختيار المواقع حيث كلفة العمل الأرخص بما فى ذلك المواقع فى الخارج (فى جنوب شرق آسيا مثلاً) .

أما (تيرسن R.J.Tersine) فيرى أن هناك اتجاهات تتبلور فى اختيار الموقع حددها فى الآتى :

أ- الحركة إلى الضواحى : أى تحرك المواقع حيث تتوفر الخدمات و المساحات الواسعة خارج المدينة فى الضواحى .

ب - المواقف الصناعية : أى تحرك المواقع حيث تتوفر الخدمات والمساحات الواسعة .

ج - المنافسة على الصناعة : إن الحكومات والسلطات فى الأقاليم تعمل على تشجيع إقامة الشركات الجديدة فى مناطقها من خلال تسهيلات كثيرة كالإعفاءات الضريبية و مجانية الإيجار ومقاسمة كلف البناء ومنح القروض وغيرها ، وإن الدوريات و المجلات المتخصصة تتضمن إعلانات موجهة لجذب الصناعات إلى المناطق معينة .

د - اللامركزية : عندما تنمو الشركات إلى ما بعد حجم معين ؛ فإنها تميل إلى تعدد المصانع لتقديم عمليات وخدمات محلية ، وتحقيق قدر أكبر فى الاستجابة للمنافسة المحلية . كما أن اللامركزية فى الموقع (تعدد المصانع) يحمى الشركة من الإضرابات و المشكلات التى قد تهدد مصنعاً واحداً و لكن لا تهدد الشركة فى كل مصانعها .

هـ- السيطرة على التلوث : إن السيطرة على النفايات و مياه التصريف والمواد والأبخرة المهيجة و المضرة أصبحت هدفًا وطنيًا فى دول كثيرة ، وبدأت بوضع مقاييس وطنية للسيطرة على تلوث المياه و الهواء و التربة . وإن وسائل السيطرة على التلوث أصبحت تكلف ما بين (٥ -٢٠٪) من الموازنة الرأسمالية فى الشركات ؛ مما بات يجعل هذا العامل ذا تأثير واضح فى اختيار المناطق ذات التسهيلات البيئية و التى تتطلب كلفة أدنى .

يمكن أن نضيف إلى هذه الاتجاهات الاعتبارات الدولية فى الموقع ؛ حيث إن النظرة إلى الموقع أصبحت أكثر شمولية وذات بعد دولى فى التصنيع فى مفاهيم العولمة ؛ فالشركات الكبرى أصبحت ذات نظرة عالمية للتصنيع ؛ مما يجعل التقييم لعملية اختيار الموقع لا تتحدد بالمناطق المتاحة على مستوى البلد الواحد ، وإنما على مستوى العالم كله خاصة أن دولاً كثيرة أصبحت تتبارى فى منح التسهيلات لاجتذاب الشركات إليها ، وأن أقاليم معينة صارت مهيأة من النواحى القانونية والمالية والبشرية والتكنولوجية لإقامة المشاريع و الشركات عليها من مختلف الجنسيات . ومما يشجع

هذا الاتجاه هو أن التقسيم الدولى للأعمال والصناعات على أساس المزايا النسبية للتجارة الخارجية - أصبح أكثر تأثيرًا لتطوير نظرة شمولية لتوزيع الأعمال والصناعات ، حسب توفر المزايا النسبية على مستوى العالم كله ، و هذا ما نتوقعه فى المستقبل .

٣-٨- اختيار الموقع فى التجربة اليابانية :

لقد حظيت التجربة اليابانية باهتمام كبير ؛ و ذلك لأنها - خلال فترة قصيرة نسبيًا - استطاعت أن تتخلص من الآثار المدمرة للحرب ؛ لتصبح الشركات اليابانية من أكبر المنافسين من حيث القدرة الإدارية والمالية والتكنولوجية للشركات الأمريكية والأوربية ؛ مما وجه الأنظار منذ بداية الثمانينيات إلى هذه التجربة و دراستها ؛ من أجل الوقوف على العوامل الأساسية التى أدت إلى ما يسميه المختصون بالتفوق اليابانى . وفى مجال اختيار الموقع فإن التجربة اليابانية كشفت عن بعض الخصائص التى يمكن الاستفادة منها ؛ فاليابان بلد محدود المساحة ؛ لهذا فإن عملية اختيار الموقع مكلفة و ذات أهمية كبيرة انعكست فى خصائص يمكن تحديدها كالآتى :

أولاً - المصنع المتوسط بدلاً من المصنع الكبير : هذا الاختيار لحجم المصنع بقدر ما يكشف محدودية الأرض ، فإنه يوضح جانبًا مهمًا من الأسلوب اليابانى فى إدارة العمليات ؛ حيث إن المصنع المتوسط يوفر مرونة أكبر فى الإنتاج ، وقدرة أفضل على الاستجابة للتغيرات فى الإنتاج والسوق ؛ فالاستثمار الكبير فى المصانع الضخمة بقدر ما يخلق كلفًا غاطسة كبيرة فإنها تفقدهم القدرة على الحركة السريعة و الاستجابة الرشيقة للتغيرات ؛ لهذا فإنهم يميلون للتصنيع المتكرر فى مصانع صغيرة . و بلغة (بيتر دركر P.E.Drucker) فإن أسطولاً صغيرًا مكونًا من مركبات ذات استقلالية وتوازن خاص بها كنموذج لمصنع أواخر القرن العشرين أكثر كفاءة و قدرة على تحقيق الأهداف من البارجة كنموذج لمصنع اليوم . ولاشك فى أن خفض المخزون إلى أدنى مستوى له ؛ يساهم فى تحقيق ذلك ؛ لأنه يقلص الحاجة إلى المخازن الكبيرة والواسعة ، وهذا ما يحققه نظام إنتاج الوقت المحدد أو ما يسمى نظام تويوتا للإنتاج .

ثانيًا – علاقة جديدة مع الموردين : حيث إن الشركات اليابانية تسعى إلى إقامة علاقات طويلة الأمد مع عدد قليل من الموردين ؛ ليسهل التعامل معهم مع مراعاة أن يكونوا قريبين من الشركة . و هذا يمثل ميلاً مهمًا إلى الاقتراب من الموردين الأساسيين للشركة ؛ لخفض كلفة النقل و تحسين عملية التكامل بين المورد و الشركة فى الإنتاج و مواعيده . ولعل شركة تويوتا تقدم نموذجًا فى هذا المجال ؛ حيث يبلغ عدد الموردين الذين تتعامل معه (٢٥٠) مجهزًا ، مقارنة بشركة جنرال موترز (GM) الأمريكية التى تتعامل مع أكثر من (٣٥٠٠) مورد .

ثالثًا – ربط الإنتاج بالتصدير : حيث إن السوق المحلية ذات معايير قياسية مشابهة أو قريبة للمعايير الدولية ؛ مما يجعل المصنع الموجه للسوق الداخلية موجهًا للسوق الخارجية أيضًا ، وفق مفهوم التصنيع عالى المستوى الذى يعتمد على استخدام التفوق فى الإنتاج وليس على مستوى السوق المحلى ، وإنما على مستوى السوق الدولى . وبالتالى فإن الإنتاج للسوق المحلية هو إنتاج للتصدير أيضًا ، هذا ما يوجه المصانع نحو مراكز و موانئ التصدير ؛ فالمواد الأولية التى تستخدم وفق أسلوب من الميناء إلى المصنع ؛ فإن الإنتاج أيضًا يستخدم أسلوب من المصنع إلى الميناء ؛ مما يجعل الموقع المفضل هو الذى يقترب من مراكز وموانئ التصدير .

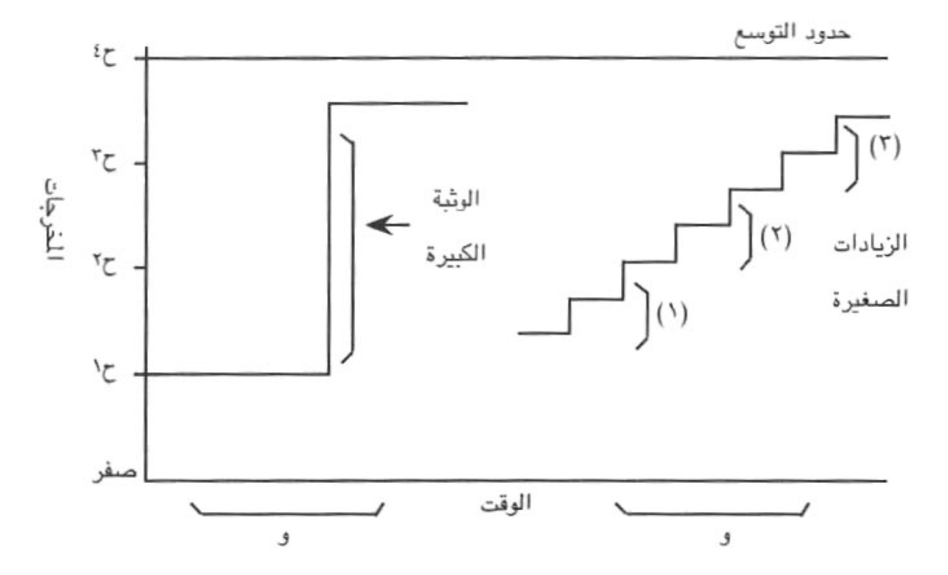
رابعًا – الموقع فى الخارج : إن تفوق أسلوب الإنتاج اليابانى و تحقيقه الميزة التنافسية ؛ جعل اليابانيين أكثر ميلاً نحو إقامة المصانع فى الخارج ، و خاصة فى الولايات المتحدة للاقتراب من السوق و التخلص من تقييدات الحماية التى تواجهها الشركات اليابانية التى لا تنتج داخل الولايات المتحدة . و هذا يوضح التزايد الكبير فى عدد المصانع اليابانية المقامة فى الولايات المتحدة التى تقدر بحوالى (٦٠٠) مصنع فى الوقت الحاضر .

خامسًا : عند التوسع فإن الشركات اليابانية تقوم بإدخال الزيادات فى السعة (حجم المصنع) بدفعات صغيرة ؛ لتؤدى فى النهاية إلى الزيادة الكبيرة بدلاً من اللجوء إلى أسلوب الوثبة الوحيدة أو الوثبات الإستراتيجية الكبيرة ؛ حيث إن الأسلوب الأول لا

يتطلب كلفاً كبيرة ، وهو أقل مخاطرة مع تكوين خبرة أكبر فى حساب واستغلال السعة و متابعة تطور الطلب فى السوق ، و الأسلوب الثانى الوثبات الكبيرة يكون ذا كلفة رأسمالية كبيرة وذا مخاطر عالية و الشكل رقم (٣-٧) يوضح كلا الأسلوبين : فأسلوب الزيادات الصغيرة عبر الوقت ينتقل من مستوى المخرجات حجم المصنع (ح١) إلى (ح٢) ، و من ثم إلى (ح٣) و إلى (ح٤) فى الفترة (و) . فى حين نجد أن لأسلوب الثانى (الوثبات الكبيرة) ينتقل بوثبة واحدة من (ح١) إلى (ح٤) بنفس الفترة (و) .

إن التجربة اليابانية تظل بحاجة إلى الدراسة و التعمق من أجل الاستفادة منها ، كما أن الدروس المستفادة منها تكشف عن بعض الاتجاهات الحديثة التى لابد من مراعاتها فى التطور الحالى والمستقبلى فى عملية اختيار الموقع ، و هذا ما تعبر عنه الخصائص المذكورة سابقاً .

الشكل رقم (٣-٧) : التوسع بأسلوبى الزيادة الصغيرة و الوثبة الكبيرة



الأسئلة :

١- ماذا نعنى بما يأتى مع تقديم أمثلة على ذلك :

- تغيير الموقع الحالى لعدم ملاءمته للتوسعات .
- تغير الموقع الحالى بسبب المحددات القانونية والبيئة .

٢- وضح صعوبة المفاضلة فى اختيار الموقع التى تنجم عن تعدد العوامل المؤثرة على الموقع مع تقديم خمسة أمثلة على ذلك .

٤- وضح كيف يؤثر مقدار السعة على اختيار الموقع ؟ و كيف يستخدم مفهوم السعة الخامدة فى تحديد الإستراتيجية الملائمة فى مواجهة الطلب المتوقع ؟

٥- ماذا نعنى بإستراتيجية (انتظر وانظر) ، و لماذا تعتبر إستراتيجية دفاعية ؟

٦- يعتبر تحديد المعيار فى تقييم بدائل الموقع مرحلة أساسية فى عملية اختيار الموقع ، حدد ثلاثة معايير فى شركة موجهة للربح و ثلاثة معايير فى شركة غير موجهة للربح .

٧- ماذا نعنى بما يأتى فى اختيار الموقع :

- الاعتماد على المدخلات .
- الاعتماد على التشغيل .
- الاعتماد على المخرجات .
- تفضيل المالك أو المدير التنفيذى .
- عوامل الكلفة العامة .

٨- فى المفاضلة بين الصنع و الشراء ، لماذا أفضلية الشراء تظهر أولاً قبل أن تظهر أفضلية الصنع ؟

٩- وضح مزايا وعيوب المصنع الواحد والمصانع المتعددة .

١٠- بيّن بالرسم البيانى تأثير الكلفة الثابتة على علاقة الحجم / الكلفة إذا كانت :

أ - عالية . ب - منخفضة .

١١- قارن بين اختيار الموقع فى حالة مصنع ملابس جاهزة ، مصنع للأخشاب ، مستشفى عام .

١٢- إن الموقع فى الخارج كان يعتمد على ميزة العمل الرخيص ، و لكن التطور العام يوضح أن الموقع فى الخارج يستند إلى مفهوم التصنيع أو الإنتاج عالمى المستوى ، وضح ذلك .

١٣- ما تأثير العوامل الآتية على اختيار الموقع :

أ - محدودية المساحة الجغرافية للبلد .

ب - الإنتاج للتصدير .

ج - القدرة على المنافسة .

د - نمط الإنتاج الواسع و الإنتاج على أساس الوجبات .

١٤- ما هى الاتجاهات الحديثة فى اختيار الموقع ، وما هو تأثير العوامل الآتية فى هذه الاتجاهات :

أ - المنافسة . ب - المحددات القانونية . ج - الاعتبارات الدولية .

١٥- ماذا نعنى بالعوامل النوعية ؟ قدم نماذج و أمثلة عن هذه العوامل ، و ماهى أهميتها فى المفاضلة بين المواقع البديلة ؟

التمارين :

١- ورشة لإنتاج أبواب الشبابيك يتوقع أن يكون الطلب على إنتاجها ضعف إنتاجها الحالى البالغ (٦٠٠٠) وحدة ، و للتوسع فى إنتاجها تدرس الإدارة إمكانية فتح ورشة جديدة فى موقع قريب من ورشتها الحالية لتغطية الطلب المتوقع بالكامل ، وخلال الدراسة وجدت الإدارة أن هناك عروضًا لبيع أبواب الشبابيك و بعد استكمال الدراسة توفرت البيانات الآتية :

الكلفة الثابتة عند فتح ورشة جديدة = ٦٠٠٠ دينار .

الكلفة المتغيرة للوحدة من أبواب الشبابيك عند الصنع = ١٥ ديناراً .

كلفة الوحدة من أبواب الشبابيك عند الشراء = ٢٥ ديناراً .

وكان أفضل عروض البيع المقدمة يتضمن خصم كمية مقداره (١٠٪) عند شراء كمية تتراوح بين (١٠٠٠ إلى ‹ ٣٠٠٠) و(٢٠٪) عند شراء كمية (٣٠٠٠ إلى ‹ ٥٠٠٠) ، و(٢٥ ٪) عند شراء كمية (٦٠٠) وحدة فأكثر . فما هو القرار الأفضل : الشراء أم الصنع ؟ ووضح ذلك بالرسم البيانى .

٢- تقوم شركة (أ ب ج) للوجبات السريعة التى تقدم خدماتها للفنادق بدراسة لإدخال خدماتها فى إحدى المدن الكبيرة لأول مرة ، وحيث إن الكلفة الثابتة كانت قليلة الأهمية ؛ فقد اهتمت بكلف التشغيل و التوزيع التى توفرت عنها البيانات الآتية فى أربعة بدائل :

البدائل	كلف التشغيل الشهرية	كلف التوزيع الشهرية
مطعم واحد	١٢٥٠٠	١٩٠٠٠
مطعمان	١٧٥٠٠	١٤٥٠٠
ثلاثة مطاعم	٢١٠٠٠	١٠٠٠٠
أربعة مطاعم	٢٥٥٠٠	٧٥٠٠

المطلوب : ما هو العدد الأفضل للمصانع ؟ و ارسم ذلك بيانياً .

٣- شركة البركة للصناعة الهندسية فى خطتها افتتاح فرع جديد فى المنطقة الشرقية لتغطية الطلب على مكيفات الهواء فى تلك المنطقة ، والمتوقع أن يبلغ (١٢٠٠٠) وحدة فى السنة ، و بعد الدراسة توفرت البيانات الآتية عن الكلف الثابتة و الكلفة المتغيرة للوحدة من المكيفات فى أربعة مواقع بديلة :

المواقع البديلة	الكلفة الثابتة (دينار)	الكلفة المتغيرة للوحدة (دينار)
أ	٣٠٠٠٠٠	٢٠
ب	٢٥٠٠٠٠	١٥
ج	٢٨٠٠٠٠	٢٥
د	٣٤٠٠٠٠	٢٤

المطلوب :

أولاً : تحديد الموقع الأفضل باستخدام طريقة الحجم / الكلفة الموقعية .

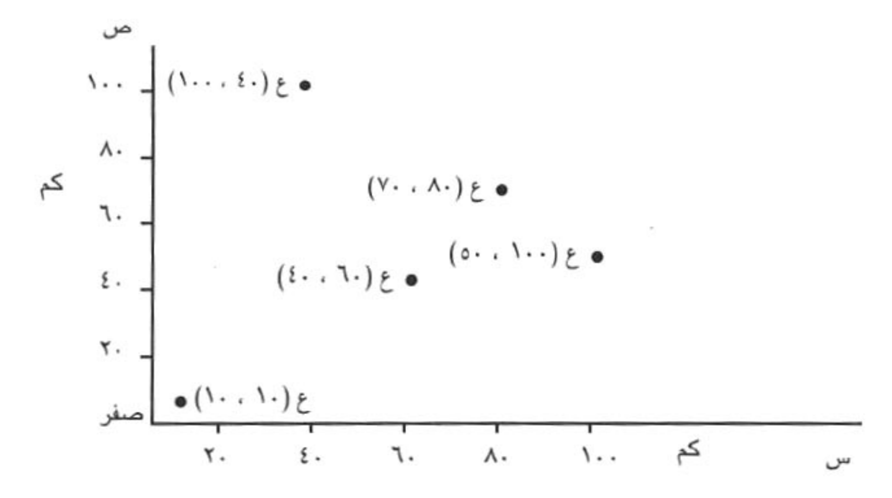
ثانياً : تحديد مناطق الأمثلية للمواقع الأربعة .

ثالثًا : إذا تغير الطلب المتوقع من (١٢) ألف وحدة إلى (١٠) آلاف وحدة ، فما هو الموقع الأفضل فى الحالة الجديدة للطلب ؟

٤- شركة جديدة تقوم بعملية اختيار الموقع لمصنعها الجديد الذى من المفروض أن يغطى الطلب على منتوجها فى أربعة أسواق و كان الطلب فى هذه الأسواق كالآتى :

الأسواق	الطلب (وحدة)
ع١	١٥٠٠
ع٢	١٢٠٠
ع٣	٩٠٠
ع٤	١٠٠٠

و كانت مواقع الأسواق والاختيار لموقع مقترح للمصنع الجديد بإحداثى (١٠-١٠) موزعة كما فى الشكل الآتى ، وكانت كلفة نقل الوحدة/كم من المصنع إلى الأسواق (١,٥) دينار .



المطلوب :

أ- تحديد الموقع الأمثل باستخدام نموذج الوسيط البسيط و كلفة النقل الكلية .

ب- قارن بين كلفة النقل الكلية فى الموقع المقترح و الموقع الأمثل و مقدار الاقتصاد بكلفة النقل الكلية التى يحققها الموقع الأمثل .

٥- أمام شركة الهلال الصناعية دراسة حول اختيار موقع فرعها الرابع ، و تتضمن الدراسة تقديراً للكلف الكلية فى ثلاثة مواقع مرشحة كالآتى :

الموقع	الكلفة الكلية السنوية
الأول	١٥٧٥٠٠
الثانى	١٥٤٨٠٠
الثالث	١٦٧٥٠٠

وقد ارتأت الإدارة اعتماداً على خبرتها الطويلة أن هناك عوامل نوعية مؤثرة لابد من أخذها فى الاعتبار ، وقد تم تحديد هذه العوامل و أهميتها النسبية من خلال الوزن النسبى مع تقييم أهمية العوامل حسب توفرها فى كل موقع على مقياس (صفر-٣٠٠) نقطة كما فى الجدول الآتى :

العوامل النوعية	الوزن النسبى	النقاط المحرزة / المواقع		
	(١-١٠)	الأول	الثانى	الثالث
العمر الاحتياطى للمواد الأولية	١٠	٢٩٥	٢٠٠	٢٦٠
قابلية التوسع فى الأسواق	٨	٢٧٠	١٧٠	٢٤٠
البيئة	٧	٢٦٥	١٥٠	٢٥٠
الضرائب	٤	٢٣٠	١٣٠	١٩٠

كما حددت الإدارة قيمة نقدية مكافئة لكل نقطة محرزة هى (١٠) دنانير للنقطة .

المطلوب أ- تحديد الموقع الأفضل على أساس النقاط المحرزة .

ب- تحديد الموقع الأفضل باستخدام طريقة تحويل العوامل الكمية إلى نقاط محرزة .

جـ- تحديد الموقع الأفضل إذا اعتبرت الإدارة النقاط المحرزة مزايا فى الموقع تساهم فى تخفيض الكلفة الكلية المتوقعة لكل موقع ؛ إذا كانت الإدارة قد حددت مكافئًا نقدياً مقداره (١٠) دنانير لكل نقطة محرزة .

المراجع :

1- E.E.Adam Jr. and R.J.Ebert ,Production and Operations Management ,Printice-Hall of India Private Lmd , New Delhi,1993 .

2- E.S.Buffa and R.K.Sarin ,Modern Production/Operations Management, John- Willy and Sons, New Yerk,1987.

3- J.B.Dilworth,Production and Operations Management ,McGraw-Hill, An Analytical Publishing Co. New York , 1989 .

4- R.L.Francis , et al.,Facility Layout and Location : Approach , Printice - Hall , Englewood Cliff ,N.J,1992. .

5- R.G.Gibson and P.A.Brown, A Quantitative Model for Facility Site Selection Application to Multiplant Location Problem,Technical Paper,1971 .

6- R.G.Schroeder,Operations Management : Decision Making in the Operations Function ,McGraw - Hill Book Co, New York , 1989 .

7- N.Slack et al., Operations Management , Pitman Publishing , London , 1998 .

8- W.J.Stevenson , Production / Operations Management , Richard D. Irwin, Chicago, 1996.

9- R.J.Tersine , Production and Operations Management , North Holland,1980 .



ملحق الفصل الثالث - طريقة النقل

١ – المدخل

٢ – طريقة النقل

٣ – خطوات طريقة النقل

٤ – طرق تحديد الحل الأوَّلى

أولاً : طريقة الركن الشمالى الغربى

ثانيًا : طريقة الكلفة الأقل

ثالثًا : طريقة فوجل التقريبية

٥ – طرق اختبار الأمثلية

أولاً : طريقة المسار المتعرج

ثانيًا : طريقة التوزيع المعدل

٦ – تحقيق الحل الأمثل

٧ – الحالات الأخرى فى طريقة النقل

٨ – استخدام طريقة النقل فى اختيار الموقع

الأسئلة

التمارين

المراجع

١ - المدخل :

إن البرمجة الخطية مجال واسع للبرمجة الرياضية ، وهى طريقة فعّالة وذات تطبيقات واسعة ومتنوعة فى الميادين المختلفة ، وحيث إن افتراضات البرمجة الخطية (مثل التأكد ، الخطية ، قابلية القسمة ، عدم السلبية ، المعاملات التكنولوجية الثابتة ، والكلف والربح لكل وحدة ثابتان ... إلخ - تمثل قيوداً تحدّ من نموذج البرمجة الخطية ؛ فإن تعديل نموذج البرمجة الخطية واستخدامه لأغراض خاصة متعددة بما يتجاوز هذه الافتراضات كان ولايزال يحظى بالاهتمام الكبير لتطوير هذا النموذج وتكييفه حسب طبيعة وخصائص وأغراض المشكلات التى يعالجها ، فإذا كان النموذج الأساسى للبرمجة الخطية يقوم على تحديد هدف واحد (أدنى كلفة أو أعلى ربح) ولمعالجة هذا القيد ؛ فإن برمجة الأهداف تعالج الأهداف المتعددة وأسبقياتها وعواملها التفاضلية ، كما أن برمجة الأعداد الصحيحة التى تعالج قيد قابلية القسمة فى النموذج الأساسى ، والبرمجة اللاخطية تعالج قيد الخطية فيه ، وأن طريقة النقل تعالج قيد السلبية (الذى يفترض حداً أدنى مطلقًا صفرًا أو أكبر من صفر وعدم وجود حد أعلى) فى مشكلات خاصة ، ففى مشكلة النقل هناك حدود عليا لجميع المتغيرات (كالطلب والعرض) مع تعدد مصادر التوريد (العرض) والأماكن المقصودة (الطلب) لسلعة متجانسة ؛ فإذا كان هناك ثلاثة مصانع تقوم بإنتاج المنتوج نفسه ، وتورد إنتاجها لأربعة مستودعات متفرقة ، وبسبب التباعد الجغرافى المتباين بين المصانع والمستودعات ؛ فإن كلفة نقل الوحدة الواحدة من كل مصنع إلى كل مستودع تكون مختلفة ، يمكن فى مثل هذه المشكلات استخدام طريقة النقل .

إن الأصل فى طريقة النقل تعود إلى عام (١٩٤١م) عندما قدّم (هيتشكوك F.L.Hitchcock) دراسة تفصيلية عن توزيع المنتوج من عدة مصادر إلى أماكن متعددة ، وفى عام (١٩٤٧م) قدم (كوبمانز F.C.Koopmans) دراسة تحمل عنوان "الاستخدام الأمثل لنظام النقل" ، وكلتا الدراستين ساهمتا فى تطوير طريقة النقل التى تمثل أداة فعالة التخصيص وحدات المنتوج من عدة مصادر إلى عدة أماكن مقصودة بأدنى كلفة كلية .

٢-طريقة النقل :

إن طريقة النقل تتعامل مع مشكلات خاصة ، فهذه الطريقة قابلة للتطبيق على المشكلات ذات الخصائص الآتية :-

أولاً – المصادر (Sources) : وجود عدد محدود من المصادر التى تقوم بالإنتاج (العرض) بكميات محدودة من المنتوج أو المادة . والمصادر يمكن أن تكون مصانع ، مستودعات ، ومراكز توزيع ... إلخ .

ثانيًا – الأماكن المقصودة (Distination) : وجود عدد محدود من الأماكن التى تخصص لها الوحدات المتاحة من المنتوج أو المادة فى المصادر ، وهذه الأماكن المقصودة قد تكون مستودعات ، مراكز توزيع ، أو أسواق ... إلخ .

ثالثًا – الوحدات المتجانسة (Homogeneous Units) : إن المنتجات أو المواد التى تخصص من جميع المصادر إلى جميع الأماكن المقصودة متماثلة من الناحية النوعية .

رابعًا – الكلفة (Cost) : إن كلفة النقل أو الشحن لكل وحدة من المنتجات أو المواد من كل مصدر إلى كل مكان مقصودة – معلومة ومحددة .

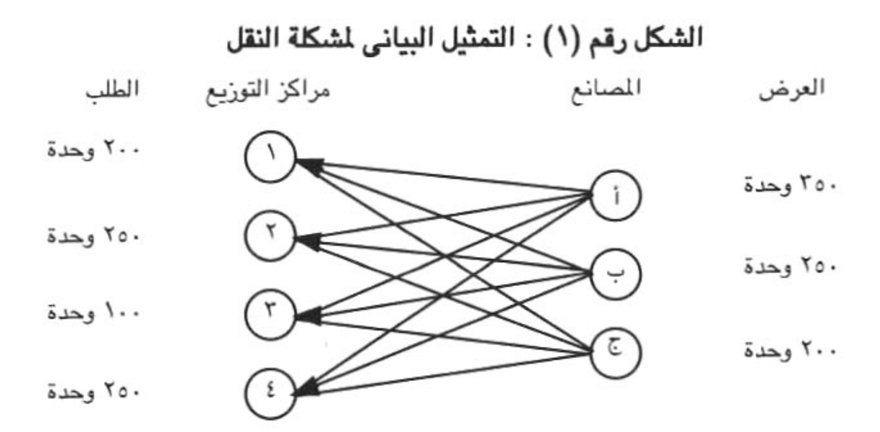
عند توفر هذه الخصائص فى المشكلة يكون من الممكن استخدام طريقة النقل لتحقيق التخصيصات المطلوبة من جميع المصادر إلى جميع الأماكن المقصودة بأدنى كلفة كلية لنقل الوحدات . ومن أجل صياغة مشكلة النقل لنفرض أن لدينا ثلاثة مصانع وأربعة مراكز توزيع ، وأن طاقات (عرض) المصانع واحتياجات (طلب) مراكز التوزيع كالآتى :

المصانع	السعة (العرض)
أ	٣٥٠
ب	٢٥٠
ج	٢٠٠

مراكز التوزيع	الاحتياجات (الطلب)
١	٢٠٠ وحدة
٢	٢٥٠ وحدة
٣	١٠٠ وحدة
٤	٢٥٠ وحدة

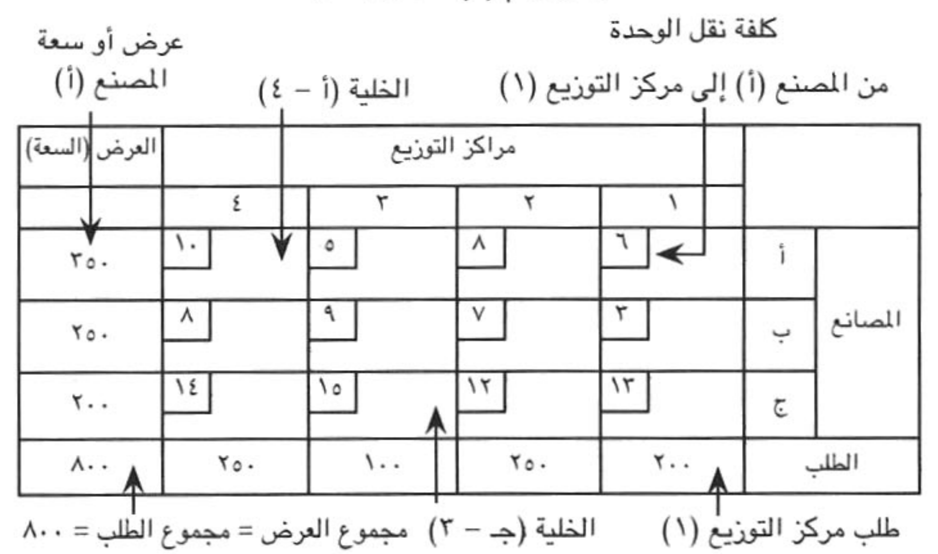
ويمكن تمثيل هذه المشكلة بيانيًا وكما هو مبين فى الشكل رقم (١) :

الشكل رقم (١) : التمثيل البيانى لمشكلة النقل



كانت كلفة نقل الوحدة من كل مصنع من المصانع الثلاثة إلى كل مركز توزيع من مراكز التوزيع الأربعة معروفة ، فى هذه الحالة يمكن تنظيم وإعداد جدول النقل الذى هو الخطوة التمهيدية الأساسية فى استخدام طريقة النقل ، والجدول رقم (٢) يوضح نموذجًا نمطيًا لجدول النقل مع بعض الاحتياجات عن محتويات الجدول .

الجدول رقم (٢) : جدول النقل



		مراكز التوزيع				العرض (السعة)
		١	٢	٣	٤	
المصانع	أ	٦	٨	٥	١٠	٣٥٠
	ب	٣	٧	٩	٨	٢٥٠
	ج	١٣	١٢	١٥	١٤	٢٠٠
الطلب		٢٠٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠	٨٠٠

إن مثل هذه المشكلات يمكن حلها والتوصل إلى الحل الأمثل أو التخصيص الأمثل لطاقات أو عرض المصانع على مراكز التوزيع ، بما يلى احتياجاتها أو طلبها بكلفة كلية أدنى لنقل الوحدات من المصادر الى مراكز التوزيع .

٣ - خطوات طريقة النقل :

إن طريقة النقل بوصفها أداة فعّالة فى معالجة وحل مشكلات خاصة تتطلب خطوات أساسية ؛ من أجل التوصل إلى الحل الأمثل فى عملية التخصيص للعرض المتاح فى المصادر إلى الأماكن المقصودة ، وهذه الخطوات هى :

أولاً – ضمان تساوى العرض (السعة) مع الطلب (الاحتياجات) :

هذه الخطوة تتطلب أن يكون مجموع الوحدات المتاحة من كل المصادر مساوياً لمجموع الاحتياجات فى كل الأماكن المقصودة ، ويمكن أن نلاحظ أنه إذا كان مجموع العرض من المصادر المختلفة يساوى مجموع الطلب (الاحتياجات) فى الأماكن المقصودة ؛ فإن المشكلة تدعى مشكلة النقل المتوازنة (Balanced T.P.) ، وعند عدم تساوى العرض مع الطلب ؛ فإنها تدعى المشكلة غير المتوازنة (Unbalanced T.P.) . إن المشكلة غير المتوازنة يمكن تحويلها إلى مشكلة متوازنة بأداة بسيطة هى إضافة مصدر وهمى فى حالة الطلب أكبر من العرض ، أو مكان مقصود وهمى لامتصاص العرض الزائد فى حالة العرض أكبر من الطلب .

ثانيًا – تحديد الحل الأولى :

إن الحل الأولى هو خطة تخصيص أو خط توزيع للوحدات المتاحة فى المصادر على الأماكن المقصودة حسب احتياجاتها ، وعادة ما تكون هناك بدائل متعددة من الحلول الأولية الممكنة التى تمثل خططًا متعددة للتخصيصات الأولية . وللتوصل إلى الحل الأولى هناك عدة طرق يمكن أن تستخدم لهذا الغرض مثل : طريقة الركن الشمالى الغربى ، طريقة الكلفة الأقل ، وطريقة فوجل التقريبية ، وبعد التخصيص الأولى يتم احتساب كلفة التخصيص الكلية .

ثالثًا – اختبار الأمثلية :

إن الحل الأولى بكلفته الكلية يتم اختباره للتأكد من أنه يمثل الحل الأمثل الذى يحقق أدنى كلفة كلية أم هناك إمكانية لخفض الكلفة الكلية من خلال حل حسن ، والاستمرار فى هذه العملية بشكل تكرارى حتى الانتهاء من اختيار جميع التخصيصات المحتملة فى مشكلة النقل للتوصل إلى الحل الأمثل . وهناك طريقتان مستخدمتان لاختبار الأمثلية هما : طريقة المسار المتعرج ، وطريقة التوزيع المعدل .

ونعرض فيما يأتى للطرق المستخدمة فى تحديد الحل الأولى وفق اختبار الأمثلية فى الفقرات الآتية .

٤ – طرق تحديد الحل الأولى :

إن الحل الأولى هو تخصيص ممكن يساعد كخطوة أولى فى حل مشكلة النقل ، ولابد فى الحل الأولى أن يكون عدد الخلايا المشغولة التى تخصص لها وحدات من المصدر الى المكان المقصود – مساويًا لمجموع عدد الصفوف والأعمدة مطروحًا منه واحد ، أى (م + ن –١) ، وهذا الشرط ضرورى من أجل القيام باختبار الأمثلية .

أولاً – طريقة الركن الشمالى الغربى :

إن طريقة الركن الشمالى الغربى من أبسط الطرق المستخدمة وأقلها كفاءة للتوصل إلى الحل الأولى ، وهى تبدأ باختيار الخلية الأولى فى أعلى جدول النقل وتخصيص أكبر عدد ممكن من الوحدات المتاحة فى المصدر للمكان المقصود المقابل للخلية الأولى ، وعند عدم استنفاد وحدات المصدر يتم أخذ الخلية الثانية فى نفس صف المصدر والاستمرار فى ذلك ؛ حتى يتم استنفاد وحدات المصدر ؛ ليتم النزول من الخلية التى استنفدت وحدات المصدر فى الصف الأول إلى الخلية التى تحتها فى صف المصدر الثانى لتكرار العملية ، وهكذا حتى يتم تخصيص جميع وحدات المصادر إلى الأماكن المقصودة .

لنفرض أن لدينا جدول النقل الذى يظهر فى الشكل رقم (٣) ، حيث توجد ثلاثة مصانع بسعات مختلفة وأربعة مراكز توزيع باحتياجات متباينة مع كلفة نقل الوحدة من كل مصنع إلى كل مركز توزيع ومن أجل إيجاد الحل الأولى لهذه المشكلة باستخدام طريقة الركن الشمالى الغربى ؛ نقوم بالخطوات الآتية :

أ - تخصيص وحدات المصنع (أ) لمركز التوزيع (١) فى الخلية الأولى خلية (أ-١) حيث يتم تخصيص أكبر عدد ممكن من وحدات المصنع (أ) لتغطية احتياجات مركز التوزيع (١) ، وفى هذه الحالة نخصص (٢٠٠) وحدة من المصنع (أ) لمركز التوزيع (١) وتكتب فى الخلية (أ-١) ، وحيث إن المصنع (أ) بعد تخصيص (٢٠٠) لمركز التوزيع (١) لازالت لديه وحدات متاحة ؛ لهذا ننتقل من نفس الصف إلى الخلية (أ-٢) ونلاحظ أن مركز التوزيع (٢) يحتاج (٢٥٠) وحدة ، فى حين أن الوحدات المتاحة المتبقية فى المصنع (أ) هى (١٥٠) ؛ لذا نقوم بتخصيص (١٥٠) وحدة من المصنع (أ) لمركز التوزيع (٢) ونكتب هذا التخصيص فى الخلية (أ-٢) .

ب - بعد استنفاد وحدات المصنع (أ) ننتقل إلى الأسفل وإلى الخلية (ب-٢) لاستكمال احتياجات مركز التوزيع (٢) المتبقية والبالغة (١٠٠) وحدة ، والتى تخصص له من المصنع (ب) وتكتب فى الخلية (ب-٢) ، وحيث إن الوحدات المتاحة فى المصنع (ب) تبلغ (٢٥٠) ؛ فإن المتبقى منها (١٥٠) وحدة ، ثم نتحرك أفقيًا إلى العمود التالى الخاص بمركز التوزيع (٣) الذى تبلغ احتياجاته (١٠٠) وحدة ، فنخصص له من الوحدات المتاحة المتبقية فى المصنع (ب) (١٠٠) وحدة ، وتدون فى الخلية (ب-٣) ؛ لتظل (٥٠) وحدة متاحة للمصنع (ب) لم تستنفد ، ونتحرك أفقيًا إلى العمود الرابع الخاص بمركز التوزيع (٤) فنجد أنه يحتاج (٢٥٠) وحدة ؛ فنخصص (٥٠) وحدة من المصنع (ب) لمركز التوزيع (٤) ، وتدون فى الخلية (ب-٤) ؛ ليتم استنفاد جميع وحدات المصنع (ب) .

ج - بعد استنفاد وحدات المصنع (ب) نتحرك إلى الأسفل ؛ لنخصص جميع وحدات المصنع (ج) والبالغة (٢٠٠) وحدة لتغطية الاحتياجات المتبقية والبالغة (٢٠٠) وحدة لمركز التوزيع (٤) بعد أن تم تخصيص (٥٠) وحدة من المصنع (ب) لهذا المركز فى الخطوة السابقة .

الجدول رقم (٣) : جدول النقل

		مراكز التوزيع				العرض
		١	٢	٣	٤	
المصانع	أ	٦	٨	٥	١٠	٣٥٠
	ب	٣	٧	٩	٨	٢٥٠
	ج	١٣	١٢	١٥	١٤	٢٠٠
الطلب		٢٠٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠	٨٠٠

بهذه الخطوة تم تخصيص جميع الوحدات المتاحة للمصانع الثلاثة للإيفاء بجميع الاحتياجات ، أو الطلب فى مراكز التوزيع الأربعة باستخدام طريقة الركن الشمالى الغربى ؛ وبهذا يتم التوصل إلى التخصيص أو الحل الأولى ، ويمكن بعدئذ احتساب كلفته الكلية . والجدول رقم (٤) يوضح الحل الأولى بهذه الطريقة .

الجدول رقم (٤) : الحل الأولى بطريقة الركن الشمالى الغربى

		مراكز التوزيع				العرض
		١	٢	٣	٤	
المصانع	أ	٦ / ٢٠٠	٨ / ١٥٠	٥	١٠	٣٥٠
	ب	٣	٧ / ١٠٠	٩ / ١٠٠	٨ / ٥٠	٢٥٠
	ج	١٣	١٢	١٥	١٤ / ٢٠٠	٢٠٠
الطلب		٢٠٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠	٨٠٠

إن الكلفة الكلية المترافقة مع هذا الحل الأولى يمكن احتسابها بجمع كلفة الخلايا المشغولة التى تشتمل على التخصيصات ؛ حيث إن كلفة الخلية تساوى مقدار التخصيص مضروباً فى كلفة الوحدة ؛ لذا فالكلفة الكلية تكون :

الخلايا	أ – ١	أ – ٢	ب – ٢	ب – ٣	ب – ٤	ج – ٤	المجموع
الكلفة	٢٠٠ X ٦	١٥٠ X ٨	١٠٠ X ٧	١٠٠ X ٩	٥٠ X ٨	٢٠٠ X ١٤	٧٢٠٠

إن الكلفة الكلية للحل الأولى بطريقة الركن الشمالى الغربى هى (٧٢٠٠) دينار ، ويمكن أن نلاحظ أن الحل الأولى تم التوصل إليه بالاعتماد على موقع الخلايا دون أى اعتبار أو اهتمام بكلفة الخلايا المشغولة المكونة للحل الأولى ؛ لهذا فإن الحل الأولى فى أغلب الحالات لا يكون هو الأفضل ، وهذا هو العيب الأساسى فى هذه الطريقة والذى يجعل منها قليلة الأهمية .

ثانيًا – طريقة الكلفة الأقل :

إن طريقة الكلفة الأقل تعالج العيب الأساسى فى الطريقة السابقة ؛ لهذا فإنها تهتم بالكلفة فى التوصل إلى الحل الأولى ، أما خطوات الطريقة فهى :

أ – تحديد الخلية ذات الكلفة الأقل فى جدول النقل .

ب – تخصيص أكبر عدد ممكن من وحدات المصدر المتاحة ؛ للإيفاء باحتياجات المكان المخصص المقابل لتلك الخلية ذات الكلفة الأقل . وعند استنفاد الوحدات المتاحة فى المصدر يستبعد الصف ، وكذلك عند الإيفاء بكل احتياجات المكان المخصص يستبعد العمود .

ج – نواصل العملية بعد استنفاد الخلية ذات الكلفة الأقل بإيجاد الخلية اللاحقة ذات الكلفة الأقل ، ومن ثم نكرر نفس الخطوات السابقة ؛ حتى يتم استنفاد جميع الوحدات المتاحة فى المصادر(المصانع) .

ولتطبيق هذه الطريقة سنأخذ المثال السابق بالمصانع الثلاثة ومراكز التوزيع الأربعة ؛ فنجد أن الخلية ذات الكلفة الأقل هى الخلية (ب–١) وبكلفة نقل للوحدة (٣) دنانير ، نخصص لها (٢٠٠) وحدة ؛ لأن المصنع (ب) لديه وحدات أكبر من طلب مركز التوزيع (١) الذى يحتاج (٢٠٠) وحدة فقط . وبهذا التخصيص يكون مركز التوزيع (١) قد استنفد ؛ لهذا نستبعد أو نلغى العمود (١) . بعدئذ نبحث عن الخلية اللاحقة ذات الكلفة الأقل وهى الخلية (أ–٣) وبكلفة نقل للوحدة (٥) دنانير ، ونخصص لها (١٠٠)

وحـدة من المصنع (أ) ؛ لأن مـركـز التـوزيع (٣) يحـتـاج إلى (١٠٠) وحـدة . وبهـذا التخصيص يستنفد ؛ فيستبعد العمود (٣) . والجدول رقم (٥) يوضح هذه التخصيصات وكيف أنها تطرح من العرض والطلب فى كل مرة ؛ حتى يتم استنفاد الطلب أو العرض ، وعادة يكون استبعاد العمود أو الصف بوضع خط عليه يشير إلى ذلك .

الجدول رقم (٥) : بعض التخصيصات بطريقة الكلفة الأقل

		مراكز التوزيع				العرض
		١	٢	٣	٤	
المصانع	أ	٦	٨	٥ / ١٠٠	١٠	~~٣٥٠~~ ٢٥٠
	ب	٣ / ٢٠٠	٧	٩	٨	~~٢٥٠~~ ٥٠
	ج	١٣	١٢	١٥	١٤	٢٠٠
الطلب		~~٢٠٠~~ صفر	٢٥٠	~~١٠٠~~ صفر	٢٥٠	٨٠٠

نواصل خطوات الطريقة على الصفوف والأعمدة التى لم تستنفد ؛ فنجد أن الخلية اللاحقة ذات الكلفة الأقل فى الجدول رقم (٥) هى الخلية (ب-٢) بكلفة نقل الوحدة (٧) دنانير ؛ فنخصص لها (٥٠) وحدة متبقية من الوحدات المتاحة فى المصنع (ب) ، وبهذا التخصيص يستنفذ المصنع (ب) ؛ فيستبعد الصف (ب) وفى نفس الوقت يكون المتبقى من طلب مـركز التوزيع (٢) هـو (٢٠٠) وحدة . والخلية اللاحقة ذات الكلفـة الأقل هى (أ-٢) بكلفة (٨) دنانير ؛ فيتم تخصيص (٢٠٠) وحدة بما يلبى جميع الطلب المتبقى بمركز التوزيع (٢) فيستنفد طلبه وبالتالى يستبعد العمود (٢) . ويظل التخصيص اللاحق اختـيـاريًا (٥٠) وحـدة من المصنع (أ) إلى الخليـة (أ-٤) ، و(٢٠٠) وحـدة من المصنع (ج) إلى الخلية (ج-٤) للإيفاء بكل الطلب فى مركز التوزيع (٤) . الجدول رقم (٦) يوضح هذه التخصيصات والحل الأولى وفق هذه الطريقة .

الجدول رقم (٦) : الحل الأولى بطريقة الكلفة الأقل

		مراكز التوزيع				العرض
		١	٢	٣	٤	
المصانع	أ	[٦]	[٨] ٢٠٠	[٩] ١٠٠	[١٠] ٥٠	~~٣٥٠~~ ~~٢٥٠~~ ~~٥٠~~ صفر
	ب	[٣] ٢٠٠	[٧] ٥٠	[٩]	[٨]	~~٢٥٠~~ ~~٥٠~~ صفر
	ج	[١٣]	[١٢]	[١٥]	[١٤]	~~٢٠٠~~ صفر
الطلب		~~٢٠٠~~ صفر	~~٢٥٠~~ ~~٢٠٠~~ صفر	~~١٠٠~~ صفر	~~٢٥٠~~ صفر	٨٠٠

يلاحظ أن الحل الأولى بهذه الطريقة يختلف عن الحل الأولى بطريقة الركن الشمالى الغربى ؛ لأن هذه الطريقة تأخذ فى الاعتبار كلفة الوحدة فى عملية التخصيص . إن الكلفة الكلية المترافقة مع الحل الأولى بهذه الطريقة هى :

الخلايا	أ - ٢	أ - ٣	أ - ٤	ب - ١	ب - ٢	ج - ٤	المجموع
الكلفة	٨ X ٢٠٠	٥ X ١٠٠	١٠ X ٥٠	٣ X ٢٠٠	٧ X ٥٠	١٤ X ٢٠٠	٨ X ٢٠٠

بمقارنة الكلفة الكلية بهذه الطريقة (٦٣٥٠) ديناراً مع الكلفة الكلية بطريقة الركن الشمالى الغربى وهى (٧٢٠٠) دينار - نجدها هى الأقل ؛ لهذا فإن هذه الطريقة بقدر ما تتجاوز العيب الأساسى بالطريقة السابقة ؛ فإنها تحقق الحل الأفضل .

ثالثًا - طريقة فوجل التقريبية :

إن طريقة فوجل التقريبية (Vogel's Approximation Method) ومختصرها (VAM) تقدم الحل الأولى الأفضل بالمقارنة مع طريقة الركن الشمالى الغربى ، وفى بعض الأحيان يكون الأفضل بالمقارنة مع طريقة الكلفة الأقل . وفى حالات معينة يكون الحل الأولى بطريقة فوجل هو الحل الأمثل . إن طريقة فوجل تقوم بالتخصيص من خلال خفض الجزاء أو الأسف أو الفرصة البديلة الضائعة إلى الحد الأدنى التى تحدث عند اختيار الخلية الخاطئة فى التخصيص ؛ لهذا فإنها تدعى بطريقة الفرصة البديلة الضائعة ، وخطوات الطريقة كالآتى :

أ – احتساب كلفة الجزاء لكل صف أو عمود ، وتحسب كلفة الجزاء بتحديد الكلفة الأقل فى كل صف ، ومن ثم طرحها من الكلفة الأقل اللاحقة فى الصف ؛ أى ايجاد الفرق بين أدنى كلفتين فى كل صف ، ومن ثم الفرق بين أدنى كلفتين فى كل عمود .

ب – اختيار الصف أو العمود الذى يكون فيه أكبر جزاء ، أى أكبر فرق (فى حالة وجود هذا الفرق فى أكثر من صف وعمود يتم اختيار الصف أو العمود اختيارياً) . بعدئذ يتم تخصيص أكبر ما يمكن للخلية ذات الكلفة الأدنى فى الصف أو العمود المؤشر (أى ذى الفرق الأكبر) ، وبهذا التخصيص يتم تجنب الجزاء أو الكلفة البديلة الضائعة ؛ (لأن اختيار أى خلية أخرى فى الصف أو العمود سيعنى تحمل كلفة بديلة ضائعة بمقدار الفرق عن الخلية ذات الكلفة الأدنى) .

ج – تعديل العرض والطلب ؛ لكى يعكس التخصيصات المتحققة ، وعند استنفاد أى صف أو عمود يتم استبعاده .

د – تكرار الخطوات السابقة من جديد بالنسبة للعرض والطلب (أو الصفوف والأعمدة) اللذين لم يستنفدا ؛ حتى يتم استخدام كل العرض للإيفاء بكل الطلب ؛ ليتحقق الحل الأولى بهذه الطريقة .

من أجل تطبيق طريقة فوجل ؛ سنأخذ المثال السابق بالمصانع الثلاثة ومراكز التوزيع الأربعة ، والجدول رقم (٧) يمثل جدول النقل والخطوة الأولى حسب طريقة فوجل .

الجدول رقم (٧) : طريقة فوجل : احتساب الفروق

		مراكز التوزيع				العرض	الفروق
		١	٢	٣	٤		
المصانع	أ	٦	٨	٥	١٠	٣٥٠	١
	ب	٣ ٢٠٠	٧	٩	٨	٢٥٠	٤+
	ج	١٣	١٢	١٥	١٤	٢٠٠	١
الطلب		٢٠٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠	٨٠٠	
الفروق		٣	١	٤+	٢		

يلاحظ أن أكبر فرق يوجد فى الصف (ب) وفى العمود (٣) كما هو مؤشر بعلامة (+) ؛ لذا نقوم بكسر التعادل بشكل اختيارى ، وفى مثالنا فمن الأفضل البحث عن الكلفة الأدنى فى الصف (ب) والعمود (٣) من أجل اختيار الخلية الأفضل ، وفى هذه الحالة نختار الخلية ذات الكلفة الأدنى (ب ـ ١) ، ونبدأ بالتخصيص لها أى (٢٠٠) وحدة من المصنع (ب) الى مركز التوزيع (١) . وحيث إن مركزالتوزيع قد استنفد بالكامل ؛ لذا فإنه يستبعد المصنع (ب) فيظل لديه (٥٠) وحدة فقط .

نكرر العملية باحتساب جديد للفروق فى الصفوف فقط ؛ لأن إلغاء العمود (١) لايؤثر على فروق الأعمدة الأخرى ، وإنما فقط على فروق الصفوف . إن الجدول رقم (٨) يوضح الجدول الجديد المخفض بعد استبعاد العمود (١) واحتساب الفروق من جديد . يلاحظ من الجدول رقم (٨) أن أكبر فرق هو عند العمود (٣) ؛ لذا نختار الخلية ذات الكلفة الأدنى فى هذا العمود وهى الخلية (أ-٣) ؛ فيتم تخصيص (١٠٠) وحدة من المصنع (أ) الى مركز التوزيع (٣) . بهذا التخصيص يستنفد مركز التوزيع (٣) ؛ فيتم استبعاد العمود (٣) ، ويطرح نفس المقدار من الوحدات المتاحة للمصنع (أ) .

الجدول رقم (٨) : استبعاد العمود (١)

		مراكز التوزيع			العرض	الفروق
		٢	٣	٤		
المصانع	أ	٨	٥ ؛ ١٠٠	١٠	٣٥٠	١
	ب	٧	٩	٨	٢٥٠	٤+
	ج	١٢	١٥	١٤	٢٠٠	١
الطلب		٢٥٠	١٠٠	٢٥٠		
الفروق		١	٤+	٢		

إن استبعاد العمود (٣) يستلزم من جديد احتساب الفروق بالنسبة للصفوف فى حين تظل فروق العمودين الباقيين بدون تغيير ، والجدول رقم (٩) يوضح أن أكبر الفروق هو (٢) ، ويتعادل فى الصف (أ) والصف (ج) والعمود (٤) ، نكسر التعادل بشكل اختيارى ؛ وذلك بتخصيص (٢٠٠) وحدة من المصنع (ج) إلى مركز التوزيع (٤) ، والمتبقى من طلب مركز التوزيع (٤) يلبى بدلالة أكبر فرق من المصنع (أ) ، وبعد ذلك يتم التخصيص حتميًا (٢٠٠) وحدة من المصنع (أ) إلى مركز التوزيع (٢) و(٥٠) وحدة من المصنع (ب) إلى مركز التوزيع (٢) .

إن التخصيصات كلها بهذه الطريقة تظهر فى الجدول رقم (١٠) ، كما تظهر الفروق فى خطوات الحل المتعددة وصولاً إلى الحل الأولى .

الجدول رقم (٩) : استبعاد العمود (٣)

		مراكز التوزيع		العرض	الفروق
		٢	٤		
المصانع	أ	٨ / ٢٠٠	١٠ / ٥٠	٢٥٠	٢
	ب	٧ / ٥٠	٨	٥٠	١
	ج	١٢	١٤ / ٢٠٠	٢٠٠	٢+
الطلب		٢٥٠	٢٥٠		
الفروق		١	٢		

الجدول رقم (١٠) : الحل الأولى بطريقة فوجل

		مراكز التوزيع				العرض	الفروق	الفروق	الفروق
		١	٢	٣	٤				
المصانع	أ	٦	٨ / ٢٠٠	٥ / ١٠٠	١٠ / ٥٠	٣٥٠	١	٣	+٢
	ب	٣ / ٢٠٠	٧ / ٥٠	٩	٨	٢٥٠	+٤	١	١
	ج	١٣	١٢	١٥	١٤ / ٢٠٠	٢٠٠	١	٢	+٢
الطلب		٢٠٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠	٨٠٠			
الفروق		٣	١	٤	٢				
الفروق		–	١	٤	٢				
الفروق		–	١	–	+٢				

نلاحظ أن الحل الأولى بطريقة فوجل هو نفسه الحل الأولى بطريقة الكلفة الأقل ، وأن الكلفة الكلية إذن هى (٦٣٥٠) ، أى أن :

الكلفة الكلية = ٨x٢٠٠ + ٥x١٠٠ + ١٠x٥٠ + ٣x٢٠٠ + ٧x٥٠ + ١٤x٢٠٠ = ٦٣٥٠ ديناراً .

والسؤال الذى يطرح نفسه هو : هل هذا الحل الأولى بطريقة فوجل (وكذلك بطريقة الكلفة الأقل) هو الحل الأمثل الذى يحقق أدنى كلفة كلية ولا تحسينات لاحقة عليه - يمكن أن تخفض كلفته إلى ما دون ذلك ؟ والإجابة عن ذلك تتطلب خطوة أساسية أخرى من خطوات طريقة النقل هى اختبار الأمثلية كعملية ضرورية ؛ للتأكد من أنه ليس هناك تحسينات لاحقة يمكن أن تؤدى إلى حل جديد يلتزم بالقيود ، ويؤدى فى الوقت نفسه إلى أدنى كلفة كلية .

٥ - طرق اختبار الأمثلية :

إن اختبار الأمثلية هو عملية التأكد من أن الحل الممكن الأولى الذى تم التوصل إليه بأية طريقة هو الحل الأمثل أم لا . ويمكن القيام باختبار الأمثلية للحل الممكن الأولى الذى يتوفر فيه ما يأتى :

أولاً : إن عدد التخصيصات أو الخلايا المشغولة التى تم تخصيص الوحدات المتاحة لها من المصادر إلى الأماكن المقصودة يجب أن يكون مساوياً لـ (م+ن -١) ، حيث (م) تمثل عدد الصفوف ، و(ن) تمثل عدد الأعمدة فى جدول النقل . وفى مثالنا السابق لدينا م = ٣ (ثلاثة مصانع) ، ن=٤ (مراكز توزيع) ؛ لهذا فإن عدد التخصيصات الضرورية لاختبار الأمثلية هو (٣+٤-١=٦) . وفى الحل الأولى الذى تم التوصل إليه بطريقة الكلفة الأقل وطريقة فوجل يتضمن (٦) خلايا مشغولة بالتخصيصات ؛ لهذا فإن هذا الشرط متحقق فى الحل الممكن الأولى فى هذا المثال .

ثانياً : إن تخصيصات (م+ن-١) يجب أن تكون فى مواقع مستقلة ، أى أنه من غير الممكن تخفيض أو زيادة أى تخصيص بدون تغيير موقع التخصيصات ، أو انتهاك قيد الصف أو العمود . وفى مثالنا السابق فى الجدول رقم (١٠) فإن زيادة تخصيص الخلية (أ-٢) من (٢٠٠) وحدة إلى (٢٢٠) وحدة يتطلب خفض تخصيص الخلية (أ-٣) من (١٠٠) وحدة إلى (٨٠) وحدة ؛ من أجل تجنب انتهاك قيد الصف (أ) .

إن اختبار الأمثلية يستلزم تحليل وتقييم كل خلية غير مستخدمة ؛ للتأكد من أنها يمكن أن تؤدى عند إدخالها فى الحل إلى خفض الكلفة الكلية أم لا . ومن الواضح أن استخدام خلية فارغة غير مستخدمة يمكن أن يؤدى إلى زيادة الكلفة الكلية ؛ وهذا يعنى أنه لا تحسين فى الحل الممكن الأولى ، أو أن يؤدى إلى بقاء الكلفة على حالها ، وهذا يعنى أن هناك حلاً ممكناً آخر يمكن استخدامه ، أو أن يؤدى إلى خفض الكلفة الكلية ، وهذا يعنى أن تطوير الحل الممكن وارد . وهناك طريقتان لاختبار الأمثلية وهما : طريقة المسار المتعرج ، وطريقة التوزيع المعدل .

أولاً – طريقة المسار المتعرج :

إن طريقة المسار المتعرج تقوم على أن جدول الحل الممكن الأولى يتكون من الخلايا المشغولة وهى بمثابة خلايا الصخور والخلايا الفارغة غير المستخدمة هى خلايا المياه . والأصل فى تسمية الطريقة هو تشبيه جدول النقل مع الحل الأولى ببركة ضحلة ، وأن اختبار الأمثلية هو عملية العبور للبركة من خلال الخطو من صخرة لأخرى ، والطريقة تقوم على اختبار وتقييم كل خلية فارغة باستخدام مسار يبدأ بالخلية الفارغة وينتهى بها مع إجراء تغييرات فى الخلايا التى يمر بها لتعكس عملية التقييم . ومن أجل إيضاح هذه الطريقة ؛ سنأخذ المثال السابق ، والحل الممكن الأولى الذى تم التوصل إليه فى الجدول رقم (١٠) ، مع ملاحظة أن هذه الطريقة يمكن أن تطبق على الحل الممكن الأولى الذى يتم التوصل إليه بطريقة الركن الشمالى الغربى أيضاً .

إن رسم المسار يبدأ بتحديد الخلية الفارغة المراد تقييمها وإعطائها علامة (+) التى تشير إلى تخصيص وحدة واحدة من العرض ، والتحرك أفقياً أو عمودياً إلى خلية مشغولة تسمح بالتحرك منها إلى خلية مشغولة أخرى ، ووضع علامة (–) على هذه الخلية المشغولة ، والعلامة تعنى خفض تخصيص هذه الخلية بمقدار وحدة واحدة ، ومن ثم التحرك باتجاه آخر إلى خلية مشغولة أخرى تسمح بالحركة إلى خلية مشغولة ثالثة فى حركة لاحقة مع وضع علامة (+) فى الخلية ، والاستمرار بالتحرك إلى خلية مشغولة أخرى وإعطائها علامة (–) مع مراعاة أن يسهل هذا التحرك إغلاق المسار . ومن الأفضل وضع علامة دالة على كل خلية يتم تقييمها ، وأن عملية تقييم الخلايا الفارغة يكون من خلال جمع الكلف ذات علامة (+) والكلف ذات علامة (–) فإذا كان :

ناتج علامات (+) > ناتج علامات (–) ، أى الفرق موجب ، إذن لاتحسين فى الحل .

ناتج علامات (+) = ناتج علامات (–) ، أى الفرق صفر ، إذن هناك حل بديل آخر .

ناتج علامات (+) < ناتج علامات (–) ، أى الفرق سالب إذن هناك تحسين فى الحل .

* تقييم الخلية الفارغة (أ–١) : يتم تقييم هذه الخلية الفارغة فى الجدول رقم (١٠) بإعطاء علامة (+) لهذه الخلية ، وتحريك المسار إلى الخلية (أ–٢) وإعطائها علامة (–) ، وتغيير الاتجاه إلى الأسفل إلى الخلية (ب–٢) وإعطائها علامة (+) والتحرك إلى الخلية (ب–١) وإعطائها علامة (–) وإغلاق المسار بالعودة إلى الخلية (أ–١) . والجدول رقم (١١) يوضح رسم المسار وحساب التقييم .

الجدول رقم (١١) : تقييم الخلية (أ–١)

المصانع		مراكز التوزيع ١	٢	٣	٤	العرض
	أ	(٦) +	(٨) – ٢٠٠	(٥) ١٠٠	(١٠) ٥٠	٣٥٠
	ب	(٣) – ٢٠٠	(٧) + ٥٠	(٩)	(٨)	٢٥٠
	ج	(١٣)	(١٢)	(١٥)	(١٤) ٢٠٠	٢٠٠
الطلب		٢٠٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠	٨٠٠

تقييم الخلية (أ–١)

+	–
٦	٨
٧	٣
١٣	١١

١٣–١١=٢

الفرق موجب

* تقييم الخلية الفارغة(ب–٣) : نقوم أولاً بإعطاء علامة (+) للخلية (ب–٣) ، والتحرك أفقيًا إلى اليمين ، حيث الخلية (ب–١) وتعطى علامة (–) ، وتغيير الاتجاه إلى الأعلى إلى الخلية (أ–٢) وتعطى علامة (+) ، والتحرك أفقيًا إلى اليسار ، حيث الخلية (أ–٣) وتعطى علامة (–) ، ثم يغلق المسار عند الخلية (ب–٣) ، ثم نحسب كلفة الوحدة فى الخلايا ذات العلامة (+) و(–) كما فى الجدول رقم (١٢) .

الجدول رقم (١٢) : تقييم الخلية (ب-٣)

		مراكز التوزيع				العرض
		١	٢	٣	٤	
المصانع	أ	٦	٨ ، ٢٠٠ (+)	٥ ، ١٠٠ (-)	١٠ ، ٥٠	٣٥٠
	ب	٣ ، ٢٠٠	٧ ، ٥٠ (-)	٩ (+)	٨	٢٥٠
	ج	١٣	١٢	١٥	١٤ ، ٢٠٠	٢٠٠
الطلب		٢٠٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠	٨٠٠

تقييم الخلية (ب-٣)

+	-
٩	٥
٨	٧
١٧	١٢
١٧-١٢=٥ الفرق موجب	

* تقييم الخلية الفارغة (ب-٤) : يتم ذلك بالطريقة نفسها بإعطاء علامة (+) لهذه الخلية ، والتحرك إلى اليمين أفقيًا إلى الخلية (ب-٢) وإعطائها علامة (-) ، وتغيير الاتجاه إلى الأعلى ، حيث الخلية (أ-٢) وإعطاؤها علامة (+) ثم إلى الخلية (أ-٤) وإعطاؤها علامة (-) ، وبعدها إغلاق المسار ، والجدول رقم (١٣) يوضح ذلك التقييم .

الجدول رقم (١٣) : تقييم الخلية (ب-٤)

		مراكز التوزيع				العرض
		١	٢	٣	٤	
المصانع	أ	٦	٨ ، ٢٠٠ (+)	٥ ، ١٠٠	١٠ ، ٥٠ (-)	٣٥٠
	ب	٣ ، ٢٠٠	٧ ، ٥٠ (-)	٩	٨ (+)	٢٥٠
	ج	١٣	١٢	١٥	١٤ ، ٢٠٠	٢٠٠
الطلب		٢٠٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠	٨٠٠

تقييم الخلية (ب-٤)

+	-
٨	١٠
٨	٧
١٦	١٧

١٦-١٧= -١
الفرق سالب هناك تحسين ممكن فى الحل .

يلاحظ من تقييم الخلية (ب-٤) فى الجدول رقم (١٣) أن ناتج علامات (+) > ناتج علامات (-) ، وهذا يعنى كما أشرنا أن هناك فرصة لتحسين الحل عند أخذ الخلية (ب-٤) بالاعتبار بعملية الحل ، وأن الفرق بين الناتجين (١٧-١٦=١) يشير إلى الكلفة المقتصدة بها لكل وحدة تخصص إلى الخلية (ب-٤) مع مراعاة التغييرات الأخرى ؛ من أجل الالتزام بالقيود (سوف نوضح كيفية معالجة وتحقيق ذلك بعد الانتهاء من اختبار الأمثلية) .

* تقييم الخلية الفارغة (جـ - ١) : إن رسم المسار فى تقييم هذه الخلية غير ممكن بنفس الشاكلة للمسارات التى تم تقييم الخلايا السابقة ؛ لأن موقع الخلية لا يتيح تكوين مسار رباعى ؛ لهذا نلجأ إلى مسارٍ أطول يمر بخلايا إضافية وهى كالآتى : البدء بالخلية (جـ -١) وإعطاؤها علامة (+) والتحرك إلى الأعلى حيث الخلية (ب-١) وإعطاؤها علامة (-) ، والتحرك أفقيًا إلى الخلية (ب-٢) وإعطاؤها علامة (+) ، ثم التحرك إلى الأعلى حيث الخلية (أ-٢) وإعطاؤها علامة (-) ، بعدها التحرك أفقيًا إلى الخلية (أ-٤) وإعطاؤها علامة (+) ، والتحرك إلى الأسفل إلى الخلية (جـ -٤) وإعطاؤها علامة (-) ، ثم العودة إلى الخلية (جـ -١) وإغلاق المسار ، يلاحظ أن المسار قد مر بست خلايا : واحدة فارغة وخمس خلايا غير مشغولة ، وأن ثلاثًا من الخلايا أخذت علامة (+) ؛ وثلاثًا أخذت علامة (-) ، وبهذه الطريقة فى رسم المسار يمكن القيام بالتعديل بالتخصيصات المطلوبة دون الإخلال بالقيود ؛ إذا ما أظهرت هذه الخلية (جـ -١) فرصة لتحسين الحل . والجدول رقم (١٤) يوضح رسم المسار وتقييم هذه الخلية .

الجدول رقم (١٤) : تقييم الخلية (جـ-١)

المصانع		١	٢	٣	٤	العرض
		مراكز التوزيع				
المصانع	أ	٦	٨ / ٢٠٠ (−)	٥ / ١٠٠	١٠ / ٥٠ (+)	٣٥٠
	ب	٣ / ٢٠٠ (−)	٧ / ٥٠ (+)	٩	٨	٢٥٠
	ج	١٣ (+)	١٢	١٥	١٤ / ٢٠٠ (−)	٢٠٠
الطلب		٢٠٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠	٨٠٠

تقييم الخلية (جـ-١)

+	−
١٣	٣
٧	٨
١٠	١٤
٣٠	٢٥

٣٠-٢٥=٥ الفرق موجب إذن لا تحسين فى الحل .

* تقييم الخلية الفارغة (جـ -٢) : البدء من هذه الخلية بإعطائها علامة (+) ، والتحرك عمودياً إلى الخلية (أ-٢) وإعطاؤها علامة (−) ، والتحرك أفقياً إلى الخلية (أ-٤) وإعطاؤها علامة (+) ، بعدها التحرك إلى الأسفل إلى الخلية (جـ -٤) وإعطاؤها علامة (−) ، والعودة إلى الخلية (جـ -٢) وإغلاق المسار ، والجدول رقم (١٥) يوضح ذلك التقييم .

الجدول رقم (١٥) : تقييم الخلية (جـ-٢)

المصانع		١	٢	٣	٤	العرض
		مراكز التوزيع				
المصانع	أ	٦	٨ / ٢٠٠ (−)	٥ / ١٠٠	١٠ / ٥٠ (+)	٣٥٠
	ب	٣ / ٢٠٠	٧ / ٥٠	٩	٨	٢٥٠
	ج	١٣	١٢ (+)	١٥	١٤ / ٢٠٠ (−)	٢٠٠
الطلب		٢٠٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠	٨٠٠

تقييم الخلية (جـ-٢)

+	−
١٢	٨
١٠	١٤
٢٢	٢٢

٢٢ − ٢٢ = صفر إذن هناك حل بديل آخر .

* تقييم الخلية الفارغة (جـ -٣) : البدء من هذه الخلية بإعطائها علامة (+) ، والتحرك إلى الأعلى إلى الخلية (أ-٣) وإعطاؤها علامة (-) ، والتحرك أفقيًا إلى الخلية (أ-٤) وإعطاؤها علامة (+) والتحرك إلى الأسفل إلى الخلية (جـ -٤) ، وإعطاؤها علامة (-) وإغلاق المسار كما هو مبين فى الجدول رقم (١٦) .

الجدول رقم (١٦) : تقييم الخلية (جـ-٣)

		مراكز التوزيع				العرض
		١	٢	٣	٤	
المصانع	أ	٦	٨ / ٢٠٠	٥ / ١٠٠ (-)	١٠ / ٥٠ (+)	٣٥٠
	ب	٣ / ٢٠٠	٧ / ٥٠	٩	٨	٢٥٠
	ج	١٣	١٢	١٥ (+)	١٤ / ٢٠٠ (-)	٢٠٠
الطلب		٢٠٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠	٨٠٠

تقييم الخلية (جـ-٣)

+	-
١٥	٥
١٠	١٤
٢٥	١٩

٢٥ - ١٩ = ٦
الفرق موجب
لا تحسين فى الحل .

لقد تم تقييم (٦) خلايا فارغة غير مشغولة ، وكانت نتائج التقييم كما هى مبينة فى الجدول التالى ؛ حيث يلاحظ أن هناك (٤) خلايا ناتج علامات (+) أكبر من ناتج علامات (-) أى الفرق موجب ؛ مما يشير إلى أن تخصيص وحدات لهذه الخلايا سوف يزيد الكلفة الكلية ، ولايخفضها مقارنة بالحل الممكن الأولى ، وأن خلية واحدة كان ناتج علامات (+) مساويًا لناتج علامات (-) أى الفرق صفر ؛ مما يعنى أن هناك حلاً بديلاً آخر بنفس الكلفة الكلية للحل الممكن الأولى الذى يجرى اختبار أمثليته . كما أن هناك خلية واحدة هى (ب-٤) فيها ناتج علامات (+) أصغر من ناتج علامات (-) أى الفرق سالب ؛ مما يعنى أن الحل الأولى ليس هو الأمثل ، وأن كلفته الكلية ليست هى الأدنى ، وأن الحل الأمثل يكون بتخصيص وحدات للخلية (ب-٤) ، وهذا سيؤدى إلى خفض الكلفة الكلية ، وهذا ما سنوضحه فيما بعد ، والجدول رقم (١٧) يلخص نتائج تقييم الخلايا الفارغة .

الجدول رقم (١٧) : ملخص تقييم الخلايا الفارغة

الخلايا	التقييم		التفسير
أ - ١	١٣ - ١١ = ٢	الفرق موجب	لا تحسين فى الحل
ب - ٣	١٧ - ١٢ = ٥	الفرق موجب	لا تحسين فى الحل
ب - ٤	١٦ - ١٧ = -١	الفرق سالب	هناك تحسين فى الحل
جـ - ١	٣٠ - ٢٥ = ٥	الفرق موجب	لا تحسين فى الحل
جـ - ٢	٢٢ - ٢٢ = صفر	الفرق صفر	هناك حل بديل آخر
جـ - ٣	٢٥ - ١٩ = ٦	الفرق موجب	لا تحسين فى الحل

ثانيًا – طريقة التوزيع المعدل :

إن طريقة المسار المتعرج رغم قدرتها فى اختبار الأمثلية إلا أنها تتسم بالتكرار وإعادة تقييم الخلايا الفارغة واحدة بعد الأخرى ، وتتطلب رسم المسارات المتكررة ؛ مما يجعلها مملة ومرهقة إلى حد ما ، وخلاف ذلك طريقة التوزيع المعدل (Modified Distribution Method) ومختصرها (MODI) ، وهى طريقة تتجنب رسم المسارات ، ومع ذلك فإن تقييم الخلايا الفارغة يؤدى إلى نفس نتائج طريقة المسار المتعرج .

وتعتمد طريقة التوزيع المعدل على الأرقام القياسية للصفوف والأعمدة على افتراض منطقى ، هو أن تكون هناك فى كل صف أو عمود على الأقل خلية مشغولة واحدة ؛ لأنها ضرورية لاحتساب الأرقام القياسية لكل صف أو عمود . أما خطوات الطريقة فهى :

الخطوة الأولى : التوصل إلى الحل الأولى بواحدة من الطرق المستخدمة لهذا الغرض (طريقة الركن الشمالى الغربى أو الكلفة الأقل أو طريقة فوجل) مع مراعاة شرط عدد التخصيصات (م+ن-١) فى هذا الحل .

الخطوة الثانية : احتساب الرقم القياسى لكل صف أو عمود ؛ وذلك بالاعتماد على الخلايا المشغولة فقط من خلال ما يأتى :

أ - افتراض أن الرقم القياسى للصف الأول فى جدول الحل الأولى هو صفر .

ب - احتساب الرقم القياسى للعمود الخاص بكل خلية مشغولة فى الصف الأول وفق الصيغة :

الرقم القياسى للعمود = كلفة الخلية - الرقم القياسى للصف .

فمثلاً إذا كانت كلفة الخلية المشغولة الأولى فى الصف الأول هى (٦) فإن :

الرقم القياسى للعمود الأول = ٦ - صفر = ٦

ج - استخدام الأرقام القياسية لكل عمود (وأيضًا لكل صف) التى تم التوصل إليها لاحتساب الأرقام القياسية للصفوف والأعمدة المتبقية ؛ وبهذه الخطوة نتوصل إلى الأرقام القياسية للأعمدة والصفوف . كلها بالاعتماد على الخلايا المشغولة فقط .

الخطوة الثالثة : تقييم الخلايا الفارغة باستخدام الصيغة :

تقييم الخلية = كلفة الخلية - (الرقم القياسى للصف + الرقم القياسى للعمود) .

وبنفس قاعدة التقييم ، فإن ناتج تقييم الخلية إذا كان موجبًا ؛ فهذا يعنى لا تحسين فى الحل ، أما إذا كان صفراً فهذا يعنى وجود حل بديل آخر ، أما إذا كان الناتج سالبًا ؛ فهذا يعنى أن هناك تحسينًا ممكنًا فى الحل ، ولتطبيق طريقة التوزيع المعدل على مثالنا السابق ذى المصانع الثلاثة ومراكز التوزيع الأربعة ؛ فإننا سنأخذ الحل الأولى الذى تحقق بطريقة الكلفة الأدنى (وهو نفسه الذى تحقق بطريقة فوجل) كما يظهر فى الجدول رقم (١٠) .

والخطوة الثانية هى افتراض أن الرقم القياسى للصف الأول هو (صفر) ، وحيث إنه فى هذا الصف هناك ثلاث خلايا مشغولة يمكن بواسطتها احتساب الأرقام القياسية لثلاثة أعمدة هى (٢) و(٣) و(٤) باستخدام الصيغة (الرقم القياسى = كلفة الخلية - الرقم القياسى للصف) ، إذن :

الرقم القياسى للعمود (٢) = ٨ - صفر = ٨

الرقم القياسى للعمود (٣) = ٥ - صفر = ٥

الرقم القياسى للعمود (٤) = ١٠ - صفر = ١٠

نقوم بكتابة الرقم القياسى لكل عمود ولكل صف فى موقع مناسب يشير للصف أو العمود الذى يمثله ، أما احتساب الرقم القياسى للصف (ب) فيكون بالاعتماد على الخلية المشغولة فى الصف وهى (ب-٢) وكلفتها (٧) ، والرقم القياسى للعمود (٢) وقيمته (٨) إذن :

الرقم القياسى للصف (ب) = ٧ - ٨ = -١

وبالتوصل إلى الرقم القياسى للصف (ب) يمكن احتساب الرقم القياسى للعمود (١) ؛ حيث كلفة الخلية المشغولة فى العمود هى (ب-١) وكلفتها (٣) ، والرقم القياسى للصف (ب) هو (-١) إذن :

الرقم القياسى للعمود (١) = ٣- (-١) = ٤

لم يبقَ لدينا إلا الرقم القياسى للصف (ج) والخلية المشغولة فيه هى (جـ -٤) وكلفتها (١٤) ، والرقم القياسى للعمود (٤) هو (١٠) إذن :

الرقم القياسى للصف (جـ) = ١٤- ١٠= ٤

والجدول رقم (١٨) يوضح الحل الأولى والأرقام القياسية للصفوف والأعمدة ، حيث تمت كتابتها بين قوسين فى مجال الصف أو العمود الخاص به .

الجدول رقم (١٨) : احتساب الأرقام القياسية للأعمدة والصفوف

		مراكز التوزيع				العرض
		١ (٤)	٢ (٨)	٣ (٥)	٤ (١٠)	
المصانع	صفر أ	٦	٨ ، ٢٠٠	٥ ، ١٠٠	١٠ ، ٥٠	٢٥٠
	(-١) ب	٣ ، ٢٠٠	٧ ، ٥٠	٩	٨	٢٥٠
	(٤) ج	١٣	١٢	١٥	١٤ ، ٢٠٠	٢٠٠
الطلب		٢٠٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠	٨٠٠

والخطوة الثالثة هى تقييم الخلايا الفارغة فى جدول الحل الممكن الأولى وفق الصيغة المشار إليها سابقًا ، والجدول رقم (١٩) يوضح التقييم وتفسير دلالته . وكما يلاحظ من هذا الجدول فإن طريقة التوزيع المعدل قد أدت إلى نفس النتائج التى تم التوصل إليها بطريقة المسار المتعرج .

الجدول رقم (١٩) : تقييم الخلايا الفارغة

الخلايا	التقييم	التفسير
أ – ١	٦ – (صفر + ٤) = ٢	لا تحسين فى الحل
ب – ٣	٩ – [٥ – (–١)] = ٥	لا تحسين فى الحل
ب – ٤	٨ – [٥ – (–٤)] = –١	هناك تحسين فى الحل
جـ – ١	١٣ – (٤ + ٤) = ٥	لا تحسين فى الحل
جـ – ٢	١٢ – (٤ + ٨) = صفر	هناك حل بديل آخر
جـ – ٣	١٥ – (٤ + ٥) = ٦	لا تحسين فى الحل

٦ – تحقيق الحل الأمثل :

إن اختبار الأمثلية عملية ضرورية ؛ للتأكد من أن الحل الممكن الأولى هو الحل الأمثل ، وعند التوصل إلى استنتاج أن الحل الأولى ليس هو الحل الأمثل كما فى المثال السابق ؛ حيث ظهر من اختبار الأمثلية تحسين ممكن فى الحل ؛ لهذا يكون من الضرورى التوصل إلى الحل الأمثل .

وإذا ماعدنا إلى تقييم الخلايا الفارغة كما فى جدول رقم (١٩) نجد أن تقييم الخلية (ب–٤) كان ذا قيمة سالبة هى (–١) ، وهذه القيمة تعنى أن تخصيص وحدة واحدة لهذه الخلية ؛ سيؤدى إلى خفض الكلفة الكلية بمقدار دينار واحد ؛ لهذا فمن الضرورى تخصيص أكبر عدد ممكن من الوحدات لهذه الخلية شريطة عدم الإخلال بالقيود الخاصة بالعرض والطلب ، ومن أجل القيام بذلك ؛ فلابد من النظر فى مسار تقييم تلك الخلية الذى يظهر فى الجدول رقم (١٣) والذى يمكن التعبير عنه فى الجدول المصغر الآتى :

		مراكز التوزيع	
		٢	٤
المصانع	أ	٨ / ٢٠٠ (+)	١٠ / ٥٠ (−)
	ب	٧ / ٥٠ (−)	٨ (+)

إن إعادة التخصيص للتوصل للحل الأمثل يكون بتحديد الكميات الموجودة فى الخلايا التى لها علامة (−) فى مسار التقييم ؛ حيث نجد هناك (٥٠) وحدة فى الخلية (ب−٢) ، و(٥٠) وحدة فى الخلية (أ−٤) ؛ ولأن الكمية متساوية ؛ لهذا يمكن طرح (٥٠) وحدة من كل منهما ، وإضافتها للخلايا التى لها علامة (+) ؛ ليكون عدد الوحدات المخصصة للخلية (أ−٢) هو (٢٥٠) وحدة (٢٠٠+٥٠) ، وعدد الوحدات المخصصة للخلية (ب−٤) هو (٥٠) وحدة ، وكما يظهر فى الجدول المصغر الآتى :

		مراكز التوزيع	
		٢	٤
المصانع	أ	٨ / ٢٥٠	١٠
	ب	٧ / ٥٠	٨ / ٥٠

وبهذا التخصص تم الالتزام بالقيود ؛ لأن المسار يحافظ على التوازن فى التخصيص ، سواء على مستوى الصفوف (المصانع) أو على مستوى الأعمدة (مراكز التوزيع) ؛ و هذا ما يظهر فى الجدول رقم (٢٠) الذى يمثل الحل المعدل (الأمثل) .

الجدول رقم (٢٠) : الحل المعدل (الأمثل)

		مراكز التوزيع				العرض
		١	٢	٣	٤	
المصانع	أ	٦	٨ ٢٥٠	٥ ١٠٠	١٠	٣٥٠
	ب	٣ ٢٠٠	٧	٩	٨ ٥٠	٢٥٠
	ج	١٣	١٢	١٥	١٤ ٢٠٠	٢٠٠
الطلب		٢٠٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠	٨٠٠

الكلفــة الكليــة = ٨ x ٢٥٠ + ٥ x ١٠٠ + ٣ x ٢٠٠ + ٨ x ٥٠ + ١٤ x ٢٠٠ = ٦٣٠٠ دينار .

يلاحظ أن الحل المعدل (الأمثل) قد أدى إلى خفض الكلفة الكلية للتخصيصات من (٦٣٥٠) ديناراً إلى (٦٣٠٠) دينار ، أى تخفيض الكلفة الكلية بمقدار (٥٠) ديناراً ، وهو ما يمثل إعادة تخصيص (٥٠) وحدة إلى الخلية (ب-٤) التى تخفض كلفة الوحدة بمقدار دينار واحد .

أما الخلية (جـ -٢) التى تقييمها يدل على وجود حل بديل آخر ؛ فإنها عند إدخالها فى الحل من خلال إعادة التخصيص ؛ فإنها ستؤدى إلى حل جديد ثانٍ ، ولكن بنفس كلفة الحل الأولى السابق وكلفته (٦٣٥٠) ، ولنأخذ مسار تقييم هذه الخلية (جـ -٢) الذى يظهر فى الجدول رقم (١٥) ونأخذ منه الجدول المصغر الآتى :

		مراكز التوزيع	
		٢	٤
المصانع	أ	[٨] ٢٠٠ (−)	[١٠] ٥٠ (+)
	جـ	[١٢] (+)	[١٤] ٢٠٠ (−)

من أجل إعادة التخصيص ؛ ننظر إلى الكميات المتاحة فى الخلايا التى لها علامة (-) فى مسار التقييم ؛ حيث نجد هناك (٢٠٠) وحدة فى الخلية (أ-٢) ، و(٢٠٠) وحدة فى الخلية (جـ-٤) ، ولأن الكمية متساوية ؛ لهذا يمكن طرح (٢٠٠) وحدة من كل منهما وإضافة (٢٠٠) للخلايا التى لها علامة (+) فى مسار التقييم ؛ ليكون عدد الوحدات المخصصة للخلية (أ-٤) (٢٠٠) وحدة ؛ ليصبح التخصيص لها (٢٥٠) وحدة ، وللخلية (جـ- ٢) (٢٠٠) وحدة . والجدول رقم (٢١) يوضح الحل البديل الآخر .

الجدول رقم (٢١) : الحل البديل الآخر

		مراكز التوزيع				العرض
		١	٢	٣	٤	
المصانع	أ	[٦]	[٨]	[٥] ١٠٠	[١٠] ٢٥٠	٣٥٠
	ب	[٣] ٢٠٠	[٧] ٥٠	[٩]	[٨]	٢٥٠
	ج	[١٣]	[١٢] ٢٠٠	[١٥]	[١٤]	٢٠٠
الطلب		٢٠٠	٢٥٠	١٠٠	٢٥٠	٨٠٠

٧ - الحالات الأخرى فى طريقة النقل :

هناك مشكلات أخرى يمكن استخدام طريقة النقل فى معالجتها ، ومن هذه المشكلات ما يأتى :

أولاً : مشكلة الحد الأعلى : عندما يكون جدول النقل متضمنًا فى الخلايا ربح نقل الوحدة من المصادر إلى الأماكن المقصودة بدلاً من كلفة نقل الوحدة . فى مثل هذه الحالات بالإمكان استخدام طريقة النقل ، وذلك بتحويل طريقة الكلفة الأقل إلى طريقة الربح الأكبر ؛ فنقوم بالبحث عن الخلية التى تحقق أكبر ربح من أجل تخصيص أكبر عدد من الوحدات المنقولة إليها ، ومن ثم الخلية ذات الربح الأكبر اللاحق ، وهكذا حتى يتم تخصيص جميع العرض المتاح . وفى طريقة فوجل يتم أخذ الفرق بين الخليتين ذات الربح الأكبر فى كل صف وعمود .

وفى اختبار الأمثلية نتبع طريقة المسار المتعرج نفسها فى تقييم الخلايا الفارغة مع فارق واحد هو أن الناتج الموجب سيعنى أن هناك تحسينًا ممكنًا فى الحل ، بينما الناتج السالب يعنى عدم وجود تحسين فى الحل .

ثانيًا : مشكلة النقل غير المتوازنة : تشير إلى حالة عدم تكافؤ أو تساوى العرض (السعة) فى المصادر مع الطلب (الاحتياجات) فى الأماكن المقصودة ، وفى مثل هذه الحالة تتم المعالجة فى الحالتين الآتيتين :

الحالة الأولى : عندما يكون العرض أكبر من الطلب : فى هذه الحالة نستخدم عمودًا وهميًا ؛ ليمثل مكانًا مقصودًا وهميًا يكون ذا طلب مساوٍ للعرض الفائض ، وتكون كلفة نقل الوحدة إليه من كل مصدر هى كلفة صفرية .

الحالة الثانية : عندما يكون الطلب أكبر من العرض : فى هذه الحالة نستخدم صفًا وهميًا ؛ ليمثل مصدرًا وهميًا يكون ذا عرض مساوٍ للطلب الفائض ، وتكون كلفة نقل الوحدة منه إلى كل مكان مقصود كلفة صفرية .

بعدئذ نتبع نفس الخطوات فى طريقة النقل فى مثل هذه المشكلات .

ثالثًا : مشكلة الشحن العابر : فى كل الحالات السابقة كان نقل الوحدات من المصادر إلى الأماكن المقصودة يتم مباشرة بينها ، إلا أنه فى الحالات الواقعية فإن المصادر (المصانع مثلاً) توجه مخرجاتها إلى أماكن مقصودة وسيطة (مراكز التوزيع مثلاً) وبعدها إلى أماكن مقصودة نهائية (الأسواق مثلاً) ، وحالة أخرى نقل الوحدات من المصادر إلى أماكن مقصودة يمكن نقل الوحدات فيما بينها ، أى أن كل مكان مقصود يحمل سمة مزدوجة فهو فى الوقت نفسه مكان مقصود وسيط ومصدر وسيط . إن مثل هذه المشكلات تدعى مشكلات الشحن العابر ، وتحل بطريقة النقل بعد تعديل ضرورى فى إعداد جدول النقل .

٨ - استخدام طريقة النقل فى اختيار الموقع :

إن استخدام طريقة النقل فى اختيار الموقع يعود إلى أن الشركات الكبيرة والمتوسطة يكون حجم الإنتاج فيها كبيراً ، ويتوزع إنتاجه فى مصانع متعددة ، ويتم تسويقه إلى مراكز توزيع أو أسواق متعددة منتشرة فى منطقة جغرافية واسعة ؛ مما يؤدى إلى زيادة كلفة نقل المنتجات بشكل كبير ؛ فيجعل منها عاملاً حاسماً أو ذا أهمية كبيرة فى اختيار الموقع الأفضل للمصنع الجديد ، أو مركز التوزيع الجديد والمثال أدناه يوضح هذا الاستخدام .

- شركة الهلال للصناعة الإلكترونية لديها ثلاثة مصانع تختص بإنتاج الحاسبات المكتبية وطاقتها الإنتاجية هى :

المصنع	السعة
أ	٥٥٠٠ وحدة
ب	٣٠٠٠
جـ	٤٠٠٠

وكان إنتاج الشركة يوزع فى ثلاث أسواق ويقدر الطلب فى الأسواق الثلاث كالآتى :

الأسواق	الطلب
١	٣٠٠٠
٢	٧٠٠٠
٣	٦٠٠٠

وكانت كلفة نقل الوحدة من المنتوج من كل مصنع إلى كل سوق كما فى الجدول رقم (٢٢) :

الجدول رقم (٢٢)

من / إلى		الأسواق		
		١	٢	٣
المصنع	أ	٨	٧	٥
	ب	٦	٤	٥
	ج	٨	٧	٩

ولأن الطلب على الحاسبات المكتبية التى تنتجها الشركة أكبر من سعة مصانعها ؛ فقد ارتأت الشركة إنشاء مصنع جديد للإيفاء بالطلب فى أسواقها الثلاث ، وبعد الدراسة تم تحديد موقعين بديلين كانت كلفة نقل الوحدة من كل منهما إلى أسواق الشركة كما فى الجدول رقم (٢٣) :

الجدول رقم (٢٣) : كلفة نقل الوحدة من الموقعين البديلين

من / إلى	الأسواق		
	١	٢	٣
الموقع (د)	٧	٥	٤
الموقع (هـ)	٧	٤	٥

وبسبب كلفة النقل العالية ؛ فإن الإدارة تعتبر الكلفة الكلية للنقل هى معيار التفضيل للموقع الجديد .

المطلوب : تحديد الموقع الأفضل للمصنع الجديد الذى يحقق أدنى كلفة كلية للنقل .

الحل :

١ – تحديد سعة (عرض) المصنع الجديد :

سعة المصنع الجديد = مجموع الطلب – مجموع العرض

= ١٦٠٠٠ – ١٢٥٠٠ = ٣٥٠٠ وحدة .

٢ – إن المصنع الجديد فى الموقعين البديلين (د) أو(هـ) سعته (٣٥٠٠) وحدة ؛ لذا نأخذ كل موقع على حدة ، ونقوم بإدخاله فى جدول النقل مع المصانع الثلاثة (أ ، ب ، ج) . وباستخدام طريقة النقل يتم التوصل إلى الحل الأولى وبعد اختبار الأمثلية إلى الحل الأمثل ، ومن ثم احتساب الكلفة الكلية لكل منهما ، والجدولان رقم (٢٤) و(٢٥) يمثلان الحل الأمثل مع كل موقع من الموقعين البديلين .

الجدول رقم (٢٤) : الحل الأمثل مع الموقع (د)

		الأسواق			العرض
		١	٢	٣	
المصانع	أ	(٨)	(٧)	(٥) ٥٥٠٠	٥٥٠٠
	ب	(٦)	(٤) ٣٠٠٠	(٥)	٣٠٠٠
	ج	(٨) ٣٠٠٠	(٧) ١٠٠٠	(٩)	٤٠٠٠
	د	(٧)	(٥) ٣٠٠٠	(٤) ٥٠٠	٣٥٠٠
الطلب		٣٠٠٠	٧٠٠٠	٦٠٠٠	١٦٠٠٠

الكلفة الكلية مع الموقع (د) = ٥ x ٥٥٠٠ + ٤ x ٣٠٠٠ + ٨ x ٣٠٠٠ + ٧ x ١٠٠٠

+ ٥ x ٣٠٠٠ + ٤ x ٥٠٠ = ٨٧٥٠٠ دينار .

الجدول رقم (٢٥) : الحل الأمثل مع الموقع (هـ)

		الأسواق			العرض
		١	٢	٣	
المصانع	أ	[٨]	[٧]	[٥] ٥٥٠٠	٥٥٠٠
	ب	[٦]	[٤] ٣٠٠٠	[٥]	٣٠٠٠
	ج	[٨] ٣٠٠٠	[٧] ١٠٠٠	[٩]	٤٠٠٠
	هـ	[٧]	[٤] ٣٠٠٠	[٥] ٥٠٠	٣٥٠٠
الطلب		٣٠٠٠	٧٠٠٠	٦٠٠٠	١٦٠٠٠

الكلفة الكلية مع الموقع (هـ) = ٥ x ٥٥٠٠ + ٤ x ٣٠٠٠ + ٨ x ٣٠٠٠ + ٧ x ١٠٠٠
+ ٤ x ٣٠٠٠ + ٥ x ٥٠٠ = ٨٥٠٠٠ دينار .

إن الموقع (هـ) يحقق كلفة كلية أدنى للنقل ؛ لهذا فهو الموقع الأفضل للمصنع الجديد .

الأسئلة :

١ - وضّح كيف تعالج طريقة النقل قيد الخطية فى نموذج البرمجة الخطية الأساسى .

٢ - ماهى خصائص المشكلة التى يجب توفرها من أجل معالجتها بطريقة النقل ؟

٣ - ماذا نعنى بخاصية التجانس فى المنتجات ، ولماذا هى مهمة فى مشكلات طريقة النقل ؟

٤ - وضح من خلال خطوات محددة طريقة الركن الشمالى الغربى وطريقة الكلفة الأقل .

٥ - ماهى الطريقة الأفضل فى التوصل إلى الحل الأولى ، ولماذا ؟

٦ - كيف يمكن معرفة ما يأتى :

أ - التوصل إلى الحل الأمثل .

ب - وجود حل بديل آخر .

٧ – إذا كانت الوحدات المتاحة فى المصادر لا تساوى الوحدات المطلوبة فى الأماكن المقصودة ، فما العمل لمعالجة هذه المشكلة ؟

٨ – هل يمكن إضافة صفين أو عمودين وهميين فى طريقة النقل ؟

٩ – ماذا نعنى بالقول إن الخلايا فى الصف أو العمود الوهميين يمكن أن تأخذ :

أ – كلفًا صفرية .

ب – كلفًا غير صفرية .

١٠ – ماذا نعنى بالمسارات المحظورة فى طريقة النقل ؟

١١ – هل يمكن فى مشكلة النقل عدم وجود أى حل ممكن أولى ، ولماذا؟

التمارين :

١– شركة لديها مصنعان (أ) و(ب) ينتجان نفس المنتوج ، سعة كل منهما على التوالى (٣٠٠) ، (٥٠٠) وحدة ، ويقومان بالتوريد لثلاثة مستودعات ، طلب المستودع الأول (٣٥٠) وحدة ، والثانى (٢٥٠) وحدة ، والثالث (٢٠٠) وحدة ، وكانت كلفة نقل الوحدة من كل مصنع إلى كل مستودع كالآتى :

	المستودعات		
	الأول	الثانى	الثالث
المصنع (أ)	٧٠	١٠٠	٨٠
المصنع (ب)	٦٠	٧٠	٥٠

المطلوب أ – التمثيل البيانى لمشكلة النقل .

ب – إعداد جدول النقل لهذه المشكلة .

٢ - أدناه جدول النقل :

		المستودعات				العرض
		١	٢	٣	٤	
المصادر	أ	٦	٧	١٠	٩	٥٠
	ب	١٢	٥	٨	٦	٧٠
	ج	٧	٧	٦	٣	٤٠
	د	٨	١٠	٩	٥	٩٠
الطلب		١٠٠	٤٠	٨٠	٣٠	٢٥٠

المطلوب :

أ- تحديد الحل الأولى باستخدام طريقة الركن الشمالى الغربى ، وطريقة الكلفة الأقل وطريقة فوجل التقريبية .

ب - إذا تم تغيير كلفة نقل الوحدة فى الخلية (ج-٤) من (٣) دنانير إلى (٥) دنانير ؛ فهل سيتغير الحل بطريقة الكلفة الأقل ، وطريقة فوجل ولماذا ؟

ج - إذا كانت الإدارة قد حددت كلفة أعلى لقبول برنامج النقل مقدارها (١٥٠٠) ، فهل ستقبل برنامج النقل بالحل الأولى ؟

٣ - فى ضوء الحل الأولى فى التمرين السابق :

المطلوب : أ- اختبار الأمثلية باستخدام طريقتى المسار المتعرج والتوزيع المعدل .

ب - احتساب الكلفة الكلية .

٤ - شركة صناعية لديها ثلاثة مصانع هى (م١ ، م٢ ، م٣) مع سعة إنتاج شهرية من منتوج واحد هى على التوالى (٧) آلاف وحدة ،(٤) آلاف وحدة (١٠) آلاف وحدة .

وأن المنتوج يمكن أن يورد (٧) مخازن ، وأن كلفة إنتاج الوحدة فى المصانع متشابهة إلا أن كلفة نقل الوحدة من كل مصنع إلى المخازن السبعة تختلف اختلافاً واضحاً .

والجدول السابق يمثل السعة فى المصانع الثلاثة واحتياجات المخازن السبعة وكلفة نقل الوحدة بين المصانع و المخازن .

المطلوب : إيجاد برنامج النقل الأفضل بين المصانع والمخازن ، وإيجاد الكلفة الكلية لذلك البرنامج ، وتحديد السعة الفائضة للمصانع التى لا تشحن .

المراجع :

1- P.K.Gupta & D.S.Hira , Operations Research , S. Chand and Company LTD New Delhi .1987 .

2- N.P.Loomba , Management : A Quantitative Perspective , Macmillan Publishing Co. New York .1979.

3- S . D . Sharma, Operations Research, Kedar Nath Ram Nath and Co. Publishers , Meerut .India 1989.

4- W . J . Stevenson, Introduction to Management Science , Irwin , Homewood , Boston . 1992.

5- H.A . Taha , Operations Research : An Introduction , Macmillan Publishing Co. New York 1989.

الفصل الرابع : التنظيم الداخلى

٤-١- المدخل .

٤-٢- الأنواع الأساسية للتنظيم الداخلى .

أولاً - التنظيم الداخلى الخطى أو على أساس المنتوج .

ثانياً - التنظيم الداخلى الوظيفى أو على أساس العملية .

ثالثًا - التنظيم الداخلى على أساس الموقع الثابت .

٤-٣- المقارنة بين أنواع التنظيم الداخلى .

٤-٤- تكنولوجيا المجاميع .

٤-٥- الخطوات الأساسية لنظم تصنيع تكنولوجيا المجاميع .

٤-٦- الأشكال الأساسية لنظم تصنيع تكنولوجيا المجاميع .

٤-٧- تطبيقات تكنولوجيا المجاميع .

٤-٨- طرق تحديد موقع الأقسام فى التنظيم الداخلى .

أولاً - الطرق الكمية .

١- مقياس الحمولة - المسافة .

٢- طريقة الكلفة الكلية الأدنى .

ثانياً - الطرق النوعية .

٤-٩- استخدام الحاسبة فى التنظيم الداخلى .

أولاً - خوارزمية كرافت (CRAFT) .

ثانياً - برنامج كورلاب (CORELAP) .

ثالثًا - برنامج الديب (ALDEP) .

رابعًا - برنامج بريب (PREP) .

٤-١٠- التنظيم الداخلى للمستودعات .

٤-١١- التنظيم الداخلى فى الخدمات .

٤-١٢- توازن الخط الإنتاجى .

٤-١٣- التوازن الكامل للخط الإنتاجى .

٤-١٤- التنظيم الداخلى فى التجربة اليابانية .

الأسئلة

التمارين

المراجع



٤-١ المدخل :

يثير موضوع التنظيم الداخلى مشكلات أساسية مهمة فى المصنع الحديث مثل : نوع البناء و تصميم التنظيم الداخلى ، ونمط الإنتاج ومتطلباته ، وحركة المواد والعاملين والخدمات المساعدة ، وغيرها الكثير ؛ مما يجعل من التنظيم الداخلى للمصنع أهمية كبيرة تستلزم الدراسة والتحليل للاعتبارات و العوامل الكثيرة المؤثرة فيه ؛ بما يجعل هذا التنظيم وسيلة فعالة فى كفاءة ومرونة النظام الإنتاجى كله .

يمكن تعريف التنظيم الداخلى للمصنع بأنه عملية التشكيل المكانى للتسهيلات المادية فى المصنع ، وهو أيضًا عملية اختيار موقع الأقسام ، العمليات ، الوظائف ، الأنشطة التى تكون جزءًا من عمليات المصنع لتحقيق الاستخدام الكفء والموارد المتاحة ، و هذا التحديد يتجاوز المفهوم التقليدى للتنظيم الداخلى الذى يقلص مجاله ويحصر أهدافه فى الاستخدام الكفء ؛ حيث أصبح التنظيم الداخلى للمصنع يؤثر فى كل الموارد الثابتة و المتحركة فى المصنع بما يجعل هدف المساهمة فى تحقيق الربح و ذلك من خلال الأهداف الآتية التى يمكن أن يحققها :

أ- تسهيل عملية الصنع أو الإنتاج .

ب- مناولة المواد إلى الحد الأدنى .

ج- تحقيق المرونة العالية فى ترتيب العمليات .

د- تحقيق الدوران العالى للمواد أو العمل تحت التشغيل .

هـ- الاستخدام الاقتصادى للمساحة المتاحة .

و- الاستخدام الفعال لفترة العمل .

ز- ضمان راحة العمال و الأمان فى العمل .

ح - الاستجابة الفعالة للتوسعات فى المستقبل .

إن هذه الأهداف توضح الأهمية الكبيرة التى يمثلها التنظيم الداخلى لمصنع ، وتشير التقديرات إلى أن التنظيم الداخلى يمثل (٢٠-٥٠٪) بين النفقات التشغيلية الكلية ضمن الصناعة ، وأن التنظيم الفعال يمكن أن يخفض هذه الكلف على الأقل إلى (١٠-٣٠٪) .

فى ضوء ما تقدم ، فإننا يمكن أن نطرح السؤال الآتى حول أهمية التنظيم الداخلى وهو : هل يعتبر قرار التنظيم الداخلى قراراً إستراتيجياً أم قراراً تكتيكياً ؟ وللإجابة ، *فإن هناك جوانب فى التنظيم الداخلى* (من حيث *الكلفة و التأثير الطويل الأمد على* ميزة التنافسية تجعل من اختيار التنظيم الداخلى قراراً إستراتيجياً . وجوانب أخرى فى التنظيم الداخلى من حيث سرعة الحركة المستمرة للمواد و القوى العاملة و مرونة العمليات ؛ تجعل من استغلال و تشغيل التنظيم الداخلى قراراً تكتيكياً . والواقع أن (بوفا E.S.Buffa) أشار إلى أن التنظيم الداخلى يعتبر قراراً إستراتيجياً ، ويضعه ضمن قرارات تصميم النظام الإنتاجى وهو بدوره يحدد و يؤثر فى قرارات إستراتيجية أخرى مثل اختيار الآلات (حسب نوع التنظيم الداخلى يتحدد نوع الآلات ذات الأغراض الخاصة أو ذات الأغراض العامة و تصميم التشغيل ، و كلا الجانبين يدخلان ضمن القرارات الإستراتيجية المتعلقة بتصميم النظام الإنتاجى .

كما أن (شرويدر R.G.Schroeder) يعتبر اختيار نمط التشغيل واختيار الآلات وهما يرتبطان بنوع التنظيم الداخلى ضمن قرارات التصميم الإستراتيجى . وأن تحليل تدفقات التشغيل و توفير الصيانة للآلات وهما يرتبطان بالآثار التشغيلية للتنظيم الداخلى ، ضمن قرارات استغلال وتشغيل النظام الإنتاجى التكتيكية ؟ فى حين أن (ولرايت S.C.Wheelwright) يهتم بتكنولوجيا التشغيل التى ترتبط بنوع التنظيم الداخلى ؛ مما يجعله ذا دور كبير فى تحقيق الميزة لتنافسية ؛ لهذا كله فإننا نعتبر اختيار التنظيم الداخلى قراراً إستراتيجياً ذا أهمية طويلة الأمد .

٤-٢- الأنواع الأساسية للتنظيم الداخلى :

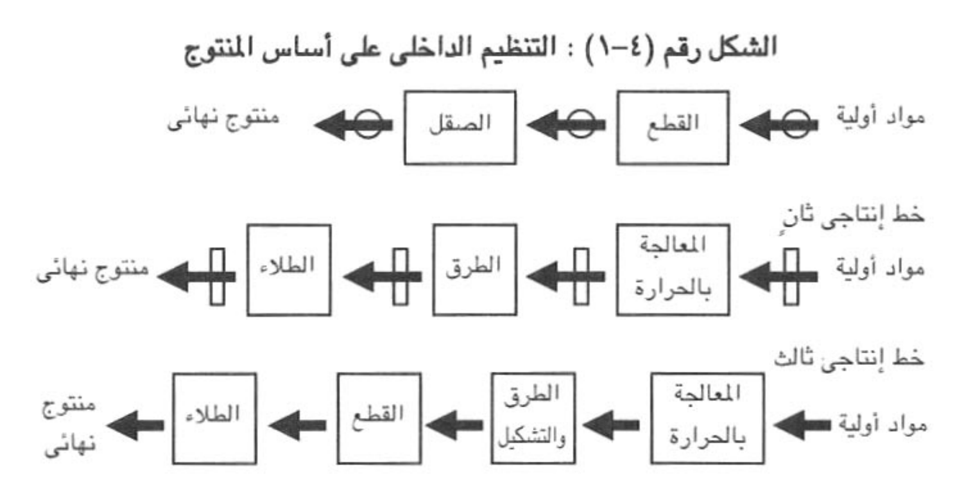
إن العمليات الإنتاجية يمكن أن تصنف إلى عمليات مستمرة ، وهى العمليات التى تكون مطلوبة فى إنتاج سلع نمطية ، وتستخدم عادة فى نمط الإنتاج أوالصنع من أجل الخزن ، وتستخدم فيه آلات ذات أغراض متخصصة ، ويكون التنظيم الداخلى المستخدم فى هذه العمليات هو التنظيم الداخلى السلعى أو على أساس المنتوج ، والنوع الآخر من العمليات هو العمليات المتقطعة ، وهى العمليات المطلوبة فى إنتاج سلع غير نمطية ، وتستخدم عادة فى نمط الإنتاج أو صنع من أجل الطلبية ، وفى هذا

النوع من العمليات يتم استخدام آلات ذات أغراض عامة تستخدم لإنتاج عدد متنوع من المنتجات بكميات صغيرة أو متوسطة ، ويكون التنظيم الداخلى المستخدم فيها هو التنظيم الداخلى الوظيفى و على أساس العملية . ونعرض فيما يأتى للأنواع الأساسية للتنظيم الداخلى .

أولاً : التنظيم الداخلى الخطى أو على أساس المنتوج (Line or Product Layout) :

هناك خصائص أساسية لهذا النوع من التنظيم الداخلى تتمثل فى وجود منتوج واحد أو عدد قليل من المنتجات (تنوع أقل) ، معدل مخرجات كبير جداً (حجم كبير) ، عمليات نمطية متكررة على آلات متخصصة ، تغير محدود فى المنتجات ، والإنتاج يكون من أجل الخزن . و بفعل هذه الخصائص فإنه يتحقق انسياب فعّال لعمليات الإنتاج تساهم فى رفع كفاءته بشكل كبير يتفوق على أنواع التنظيم الداخلى الأخرى . والشكل رقم (٤-١) يوضح هذا النوع من التنظيم حيث إن كل منتوج يحتاج إلى عمليات معينة يتم تنظيمها فى خط إنتاجى ذى انسيابية عالية ، حيث لا يمكن بفعل تنظيم العمليات والآلات المتخصصة إنتاج منتوج آخر على نفس الخط الإنتاجى إلا بعد إجراء تعديلات وتغييرات كبيرة ومكلفة ؛ مما يجعل هذا النوع من التنظيم غير مرن .

الشكل رقم (٤-١) : التنظيم الداخلى على أساس المنتوج



مزاياه :

أ – أنه يحقق معدلاً عاليًا من المخرجات .

ب – كلفة الوحدة متدنية بفعل حجم الإنتاج الكبير (اقتصاديات الحجم) .

ج – يحقق استخداما كفئًا لقوة العمل والآلات .

د – التخصص فى الآلات والعمل يقلل من كلف التدريب ووقته ، كما يوسع من نطاق الإشراف .

هـ – كلفة المناولة للوحدة منخفضة ؛ لأن المناولة بسيطة و تتبع نفس التعاقب و بانسيابية عالية .

و– طرق الجدولة والسيطرة بسيطة وسهلة ؛ لأن العمليات نفسها تتكرر وفى وقت قياسى محدد وثابت .

ز– أعمال المحاسبة والمشتريات والمخزون والرقابة عليها روتينية .

عيوبه :

أ– أن التقسيم الكثيف للعمل فى هذا التنظيم (للاستفادة من مبدأ التخصص و تقسيم العمل) ؛ يؤدى إلى الرتابة والملل وتدنى الإنجاز والمشكلات المتعلقة بانخفاض الروح المعنوية .

ب – بفعل التخصص وتقسيم العمل فإنه يستخدم عمالاً منخفضى المهارة للقيام بأعمال صغيرة ومتكررة ، وهؤلاء يبدون أقل اهتمامًا بالمحافظة على الآلات وجودة المنتجات .

ج – أن النظام غير مرن ، من حيث القدرة على الاستجابة للتغيرات فى حجم المخرجات أو فى تصميم المنتجات .

د – أن النظام يكون عرضة بدرجة كبيرة للتوقف بسبب عطل الآلات أو الغياب الزائد أو تأخر التجهيزات من المواد .

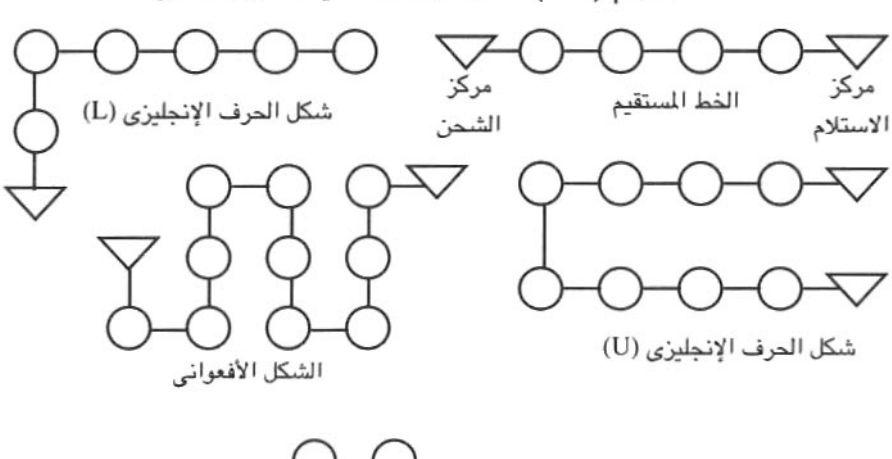
هـ– الصيانة الوقائية والقدرة على التصليحات السريعة ومخزون قطع الغيار تمثل نفقات ضرورية فيه .

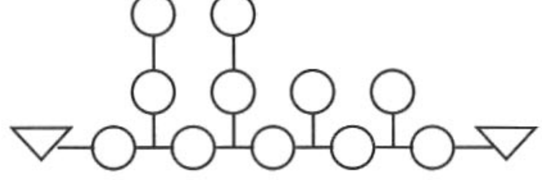
و- أن برامج الحوافز المرتبطة بالمخرجات تكون غير عملية ؛ لأنها تميل إلى أن تكون ذات أثر سلبى على العاملين .

و تظل هناك ملاحظات أساسية تتعلق بهذا النوع من التنظيم نشير إليها فى الآتى :

١- أن هذا النوع من التنظيم الداخلى الذى يدعى أيضًا التنظيم الخطى لا يأخذ شكل الخط المستقيم ، رغم أن الخط المستقيم هو أقصر مسافة فى مناولة المواد بين العمليات ، وإنما يأخذ أشكالاً مختلفة من خطوط التدفق ، والشكل رقم (٤-٢) يوضح الأشكال المختلفة لخطوط التدفق المستخدمة . فلو افترضنا أن هناك مركز استلام فى بداية الخط الإنتاجى (خط التدفق) وعدد من العمليات المطلوب لإنتاج المنتوج و مركز الشحن فى نهاية الخط فمن الطبيعى أن يكون ترتيب العمليات حسب تعاقبها فى إنتاج المنتوج كما فى الأشكال التى تظهر فى الشكل رقم (٤-٢) .

الشكل رقم (٤-٢) : الأشكال الأساسية لخطوط التدفق





٢- أن التنظيم الداخلى على أساس المنتوج يعتبر أكفأ أنواع التنظيم الداخلى ؛ لأنه يحقق الانسياب الأكفأ لتدفق و تعاقب العمليات ؛ لهذا فإنه التنظيم الأفضل عندما يكون حجم الإنتاج المطلوب كبيراً بما يبرر استخدامه .

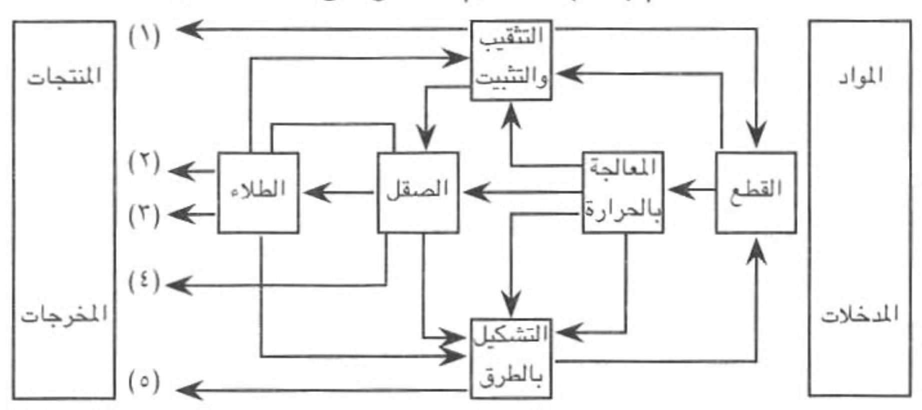
٣- أن الميزة الأساسية لهذا النوع من التنظيم تتمثل فى تحقيق أدنى كلفة للوحدة من المنتوج (أى اقتصاديات الحجم) ، و لكن بالمقابل ، فإنه يعانى من النقص الأساسى المتمثل فى عدم المرونة فى التصميم و الإنتاج ومن ثم عدم التنوع فى المنتجات ؛ حيث إن هذه المرونة يتمتع بها النوعان الآخران من التنظيم الداخلى : على أساس العملية والمواقع الثابتة .

ثانيا : التنظيم الداخلى الوظيفى أو على أساس العملية (Functional or Process Layout) :

فى هذا النوع من التنظيم يتم تجميع العمليات المتشابهة فى أقسام أو وحدات متخصصة (مثلاً جميع عمليات وآلات الخراطة تجمع فى قسم و جميع آلات القطع فى قسم آخر وهكذا) بما يساعد على إنتاج عدد متنوع من المنتجات . ولهذا النوع خصائص أساسية تتمثل فى وجود عدد متنوع من المنتجات كل واحد منها ينتج بكميات قليلة أو متوسطة بما لا يسمح بتخصيص خط إنتاجى له طوال الفترة الإنتاجية (كما هو متبع فى التنظيم على أساس المنتوج) ، عمليات غير نمطية ؛ لأن كل منتوج جديد يتطلب تصميماً جديداً ، وتهيئة وإعداد الآلات وعمليات المعالجة للمواد تختلف عن المنتوج السابق ، والإنتاج يكون من أجل الطلبية . وبفعل تغير المنتجات و تباين تعاقب العمليات المطلوبة من منتوج لآخر فإنه لا يحقق انسيابية عالية ؛ مما يؤدى إلى تدنى كفاءته ، ولكن فى المقابل يمتاز بقدرة أكبر على الاستجابة لحاجات الزبائن و التغيرات فى السوق . ويوضح الشكل رقم (٤-٣) هذا النوع من التنظيم ؛ حيث إن الآلات (التى تكون ذات أغراض عامة) فى كل قسم أو موقع عمل تقوم بإنتاج عدد متنوع من المنتجات ذات أوقات قياسية متباينة و تعاقب عمليات مختلف .

إن مزايا التنظيم الداخلى على أساس المنتوج تعتبر عيوباً بالنسبة إلى التنظيم الداخلى على أساس العملية بدرجة معينة فى حين أن عيوب الأول تعتبر مزايا للثانى .

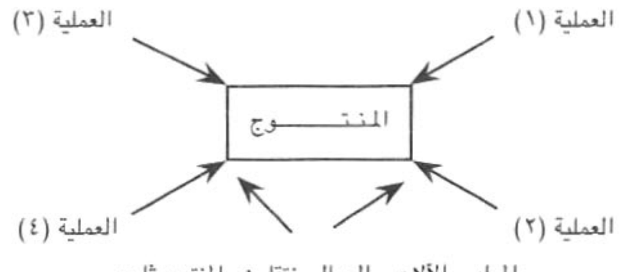
الشكل رقم (٤-٣) : التنظيم الداخلى على أساس العملية



ثالثا : التنظيم الداخلى على أساس الموقع الثابت (Fixed - Position Layout) :

فى هذا النوع من التنظيم فإن المعدات والمواد والعاملين ينتقلون إلى موقع المنتوج الذى يكون ثابتًا ؛ وذلك لأن المنتوج يكون كبيرًا وضخمًا ويصعب نقله ، أو يكون ذا طبيعة تستوجب تثبيته فى مكانه ، بينما بقية العناصر المشاركة فى الإنتاج هى التى تتحرك و تتناوب على المنتوج حسب تعاقب العمليات وجدولتها . ومن أمثلة ذلك إنتاج الطائرات والناقلات (المنتوج كبير جداً) والسدود والأبنية ومحطات الطاقة الكهربائية (المنتوج ذو طبيعة خاصة) والشكل رقم (٤-٤) يوضح هذا النوع من التنظيم ؛ حيث إن العمليات قد تتعاقب أو تتزامن فى الإنجاز .

الشكل رقم (٤-٤) : التنظيم الداخلى على أساس الموقع الثابت



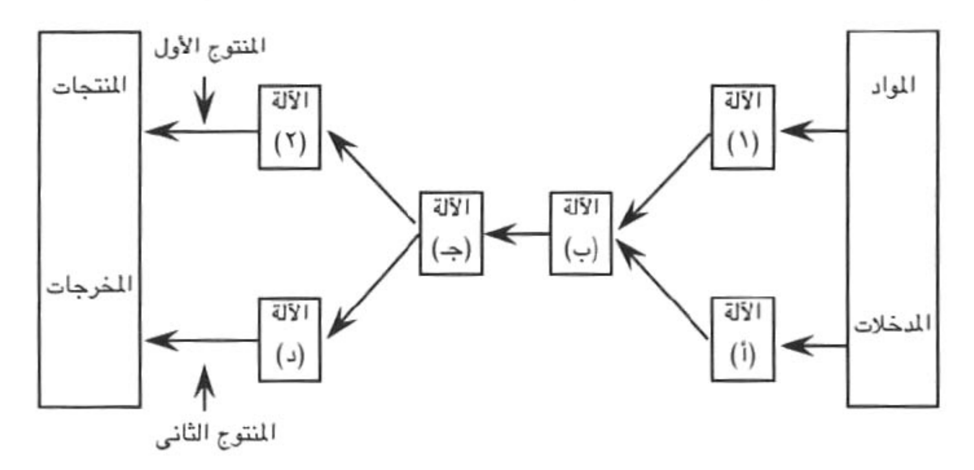
المواد ، الآلات ، العمال ينتقلون والمنتوج ثابت

إن الخصائص الأساسية للتنظيم الداخلى على أساس الموقع الثابت تتمثل فى إنتاج وحدة واحدة أو عدد قليل من المنتوج ، ويكون المنتوج كبيراً ويصعب تحريكه ويتغير تغيراً كبيراً من منتوج لآخر بما يجعل منه منتوجًا فريدًا فى التصميم والعمليات والمهارة (التنوع فى أعلى درجاته) وبسبب هذا التغير الكبير فإنه يتسم بانخفاض الكفاءة .

إن مزايا التنظيم الداخلى على أساس المنتوج تعتبر عيوبًا بالنسبة إلى هذا النوع من التنظيم و بدرجة أكبر بالمقارنة مع التنظيم الداخلى على أساس العملية ، فى حين أن عيوب الأول تعتبر مزايا بالنسبة إلى هذا النوع من التنظيم بدرجة أكبر مما هى عليه فى التنظيم الداخلى على أساس العملية . وسنحاول توضيح ذلك فى الفقرة القادمة .

لابد من التأكيد على أن الوحدات الإنتاجية لا تستخدم فى الغالب واحداً من أنواع التنظيم الداخلى بشكل كامل ، إنما عادة ما تلجأ إلى المزج بينها وخاصة بين التنظيم على أساس المنتوج ، وعلى أساس العملية للاستفادة من مزايا النوعين . والشكل رقم (٤-٥) يوضح التنظيم الداخلى على أساس المنتوج والعملية .

الشكل رقم (٤-٥) : التنظيم الداخلى المرن أو على أساس المنتوج والعملية



٤- ٣ - المقارنة بين أنواع التنظيم الداخلى :

إن الخصائص المختلفة لأنواع التنظيم الداخلى تجعل منها أداة مهمة للمقارنة ، ومن أجل استخدام هذه الخصائص ؛ نشير إلى أن كل نوع من أنواع التنظيم الداخلى يرتبط بنمط من أنماط الإنتاج ، فالتنظيم الداخلى على أساس المنتوج يقترن بنمط الإنتاج الواسع أو نمط الإنتاج المستمر ، والتنظيم الداخلى على أساس العملية يقترن بنمط إنتاج الوجبة ، والتنظيم الداخلى على أساس الموقع الثابت يقترن بنمط إنتاج الوحدة أو المشروع أو الإنتاج حسب الطلب و الجدول رقم (٤-٦) يوضح هذه الخصائص لكل نمط إنتاج وتنظيم داخلى .

من أجل استخدام نمط الإنتاج فى تحديد نوع التنظيم الداخلى فإن (هيتومى K.Hitomi) يرى أن نمط التنظيم الداخلى يتقرر على أساس العلاقة بين عدد المنتجات (ع) و حجم الإنتاج (ج) ، و كنتيجة لتحليل (ع - ج) يمكن التوصل إلى ما يأتى :

أولاً : إن التنظيم الداخلى على أساس المنتوج يتم اعتماده فى حالة الناتج الكبير لقسمة (ج \ ع) و هذا ما يتحقق فى حالة الإنتاج المستمر أو الإنتاج الواسع ، حيث حجم الإنتاج كبير جداً لواحد أو عدد قليل من المنتجات .

ثانيًا : إن التنظيم الداخلى على أساس العملية يتم اعتماده فى حالة الناتج الصغير لقسمة (ج \ ع) ، وهذا ما يكون فى نمط إنتاج الوجبة حيث الإنتاج بكميات صغيرة لعدد كبير من المنتجات .

ثالثًا : إن التنظيم الداخلى على أساس الموقع الثابت أو إنتاج الوحدة يتم اعتماده إذا كان ناتج قسمة (ج \ ع) صغيراً جداً . والشكل رقم (٤-٧) يوضح مبادلات الحجم - التنوع فى أنواع التنظيم الداخلى .

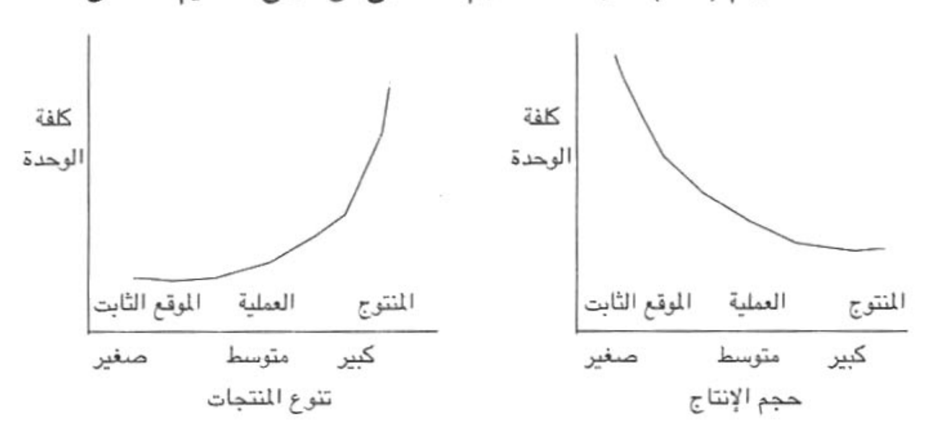
الجدول رقم (٤-٦) : خصائص أنماط الإنتاج

الخصائص	إنتاج حسب الطلب : حجم صغير تنوع كبير (مصانع الآلات ذات الأغراض الخاصة : بناء الجسور) . فى الخدمات : المطاعم الرقابة .	إنتاج الدفعة : حجم متوسط ، تنوع متوسط (المصانع الصغيرة والمتوسطة للأعمال المعدنية) الخدمات : تقديم الوجبات فى الحفلات .	الإنتاج الواسع والمستمر : حجم كبير وتنوع قليل (مصانع الغسالات والثلاجات والسيارات) . الخدمات : خط الكافتيريا (اخدم نفسك) .
الرسالة	بيع التنوع والمهارة .	بيع تنوع المنتجات التى تستخدم نفس التشغيل .	بيع واحد أو عدد قليل من المنتجات بكلفة أدنى .
تدفق المادة	قليل ولا مسارات مهيمنة .	عدد قليل من المسارات المهيمنة .	مسار التدفق الوحيد .
الاختناقات	تتغير بشكل متكرر .	تتغير بتكرار أقل .	مستقرة .
اختيار المعدات والآلات	ذات أغراض عامة .	البعض يقوم على التركيز (التخصص) . أغلبها ينتج منتجات متنوعة .	ذات أغراض متخصصة للإنتاج بحجم كبير .
طول الدورة التشغيلية	قصير	متوسط	طويل
كلفة التهيئة والإعداد	منخفضة	متوسطة	عالية
محتوى العمل	عالٍ	متوسط	منخفض
نطاق الأعمال المباشرة	واسع	متوسط	أكثر الأحيان ضيق
المسيطر على سرعة العمل	العامل و رئيس العمال	العامل ، رئيس العمال ، والمشرف	المعدات و تصميم التشغيل
مخزون المواد الأولية	منخفض	متوسط	عالٍ
مخزون تحت التشغيل	كبير	متوسط	قليل
مخزون المنتجات النهائية	قليل أو بدون	يتغير	عالٍ أكثر الأحيان

تابع – الجدول رقم (٤-٦) : خصائص أنماط الإنتاج

الموردون	تنوع الموردين وتغيرهم عادة .	عدد أقل من الموردين وعلى نحو ملائم و متسق .	يستخدم الموردين بشكل متسق وعبر مدى طويل .
المعلومات المطلوبة للعامل في العمل	نمطياً تعليمات جديدة مع كل عمل .	عمال مدربون لكل نوع من المنتوج .	المعلومات نفسها إلا إذا تغير المنتوج .
الجدولة	غير مؤكدة و تغيرات متكررة .	توجد تغيرات ، والتعجيل متكرر .	غير مرن ، التعاقب والتوقيت أكثر الأحيان مصمم فى التشغيل .
الاستجابة لانخفاض الطلب	تسريح بعض العمال فى بعض الأقسام المتأثرة .	تقليص بعض العمال أو إعادة توازن العمل .	العمل بأسابيع عمل أقصر أو وجبات أقصر .

الشكل رقم (٤-٧) : مبادلات الحجم – التنوع فى أنواع التنظيم الداخلى

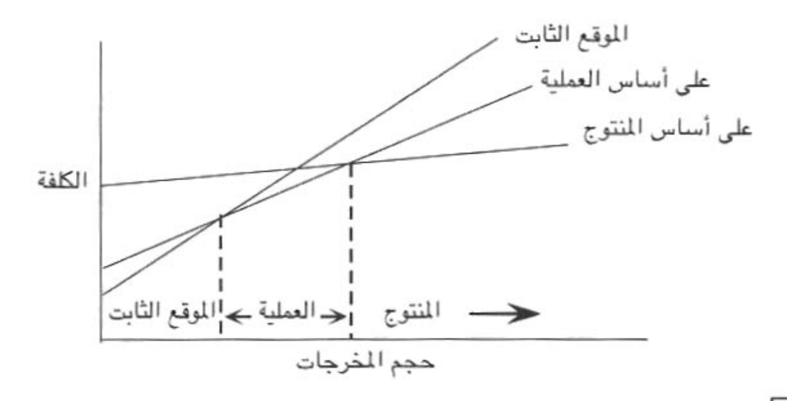


المقارنة المهمة الأخرى ما بين أنواع التنظيم الداخلى تكون على أساس الكلف الثابتة والمتغيرة ، فالتنظيم الداخلى على أساس المنتوج لكى يستطيع أن يحقق حجم الإنتاج الكبير : فإنه بحاجة إلى استخدام أعلى درجات التكنولوجيا الحديثة التى تكون كثيفة رأس المال كما هو الحال فى الأتمتة ، وهى تكون ذات كلفة ثابتة عالية ، ولكن بفعل حجم الإنتاج الكبير تكون كلفة الوحدة المتغيرة منخفضة جداً (حيث إن الكثير من

الكلف مثل كلفة التصميم وإعداد الآلات والتدريب وغيرها تتوزع على عدد كبير من الوحدات ؛ فيكون نصيب الوحدة منها قليلاً جداً) . أما التنظيم الداخلى على أساس العملية (الذى يستخدم فى نمط إنتاج الوجبة) ؛ فإن حجم الإنتاج لا يبرر استخدام أحدث التكنولوجيا كما فى الأتمتة ؛ لهذا فإنه يستخدم المكننة التى تكون أقل كلفة ثابتة وبفعل تعدد المنتجات وحجم الإنتاج الأقل فإن الكلفة المتغيرة تكون أعلى مما هى عليه فى التنظيم السابق . أما فى الموقع الثابت وإنتاج الوحدة فيتم استخدام تكنولوجيا بسيطة ويدوية ذات كلفة ثابتة أدنى إلا أن التنوع الواسع للمنتجات وحجم الإنتاج بوحدة واحدة أو عدد قليل من الوحدات يجعل الكلفة المتغيرة هى الأعلى ، وهذا يمكن تلخيصه كالآتى :

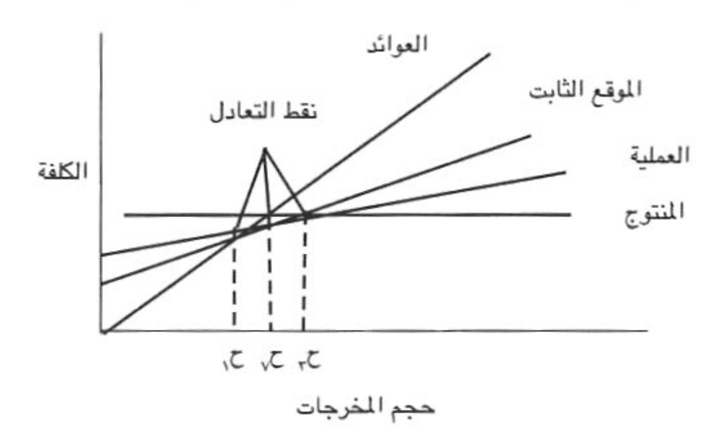
- التنظيم الداخلى على أساس المنتوج يستخدم أحدث تكنولوجيا بكلفة ثابتة أعلى وكلفة متغيرة أدنى للوحدة .
- التنظيم الداخلى على أساس العملية يستخدم تكنولوجيا متوسطة التطور كالمكننة بكلفة ثابتة متوسطة وكلفة متغيرة للوحدة متوسطة مقارنة بالنوعين .
- التنظيم الداخلى على أساس الموقع الثابت يستخدم تكنولوجيا بسيطة ويدوية بكلفة ثابتة أدنى و كلفة متغيرة للوحدة أعلى . وأن الشكل رقم (٤-٨) يوضح هذه الخصائص من حيث الكلف .

الشكل رقم (٤-٨) : أنواع التنظيم الداخلى من حيث الكلف



وبفعل تباين الكلف الثابتة فى أنواع التنظيم الداخلى ؛ فإن هذا يؤدى إلى تباين ظهور نقطة التعادل فى كل نوع ؛ ففى التنظيم الداخلى على أساس الموقع الثابت الذى يكون ذا أدنى كلفة ثابتة ، فإن نقطة التعادل تكون أسرع بالظهور وبحجم مخرجات أقل عند (ح١) ، ثم التنظيم الداخلى على أساس العملية (ح٢) ، يليه على أساس المنتوج (ح٣) ، والشكل رقم (٤-٩) يوضح نقاط التعادل فى الأنواع الثلاثة .

الشكل رقم (٤-٩) : نقطة التعادل فى أنواع التنظيم الداخلى



٤-٤ - تكنولوجيا المجاميع :

إن أهمية وتطوير تكنولوجيا المجاميع تعزى إلى العالم السوفيتى (متيروفانوف S.P.Mitrofanov) من جامعة لينينغراد الذى نشر عام ١٩٠٩م كتابه "المبادئ الأساسية لتكنولوجيا المجاميع" ، كما ساهم البريطانى (بيبرج J.L.Burbidge) فى تطوير نظام تكنولوجيا المجاميع من خلال استخدام المسار التكنولوجى فى تكوين مجاميع (أو خلايا) الآلات .

وفى أدبيات إدارة الإنتاج / العمليات تستخدم مصطلحات تكنولوجيا المجاميع متداخلة مع التنظيم الداخلى المجموعى أو التنظيم الداخلى الخلوى . ومن الواضح أن

تكنولوجيا المجاميع هى عبارة عن تنظيم داخلى جديد يتم تشكيله لكل مجموعة من الأجزاء أو عائلة منتجات و هذا يفسر المصطلح الأول . فى حين أن هذا التنظيم الداخلى الجديد فى الغالب يأخذ تنظيمه شكل خلية مكوّنة من مجموعة من الآلات اللازمة لتصنيع مجموعة من الأجزاء ، وهذا يفسر المصطلح الثانى .

ولقد اعتبر البعض تكنولوجيا المجاميع فلسفة أو مبدأ لتصنيع الأجزاء على شكل مجاميع أو عوائل منتجات ، إلا أن البعض اعتبرها طريقة لتحليل ومقارنة الأجزاء والمنتجات من أجل تصنيفها إلى مجاميع و تطبيق واستخدام عمليات تكنولوجية متماثلة لكل مجموعة .

يمكن أن نحدد تكنولوجيا المجاميع من خلال الجوانب الثلاثة الآتية :

أولاً – المفهوم : حيث تكنولوجيا المجاميع مفهوم فعال للتعامل مع التنظيم الداخلى والتشغيل ؛ وذلك بجمع مزايا التنظيم الداخلى على أساس المنتوج (اقتصاديات الحجم) وعلى أساس العملية (التنوع) .

ثانيًا – الطريقة : حيث إن تكنولوجيا المجاميع هى طريقة تعتمد على نظام تصنيف وترميز للأجزاء ؛ من أجل التوصل إلى تحديد عائلة أجزاء أو منتجات تكون متشابهة فى خصائص التصميم و التصنيع (من حيث الشكل الهندسى أو الآلات المطلوبة لإنتاجها أو تعاقب العمليات وغيرها) ؛ لكى يكون ممكنًا إنتاجها من خلال خلية إنتاج مخصصة لها أو خط إنتاجى مصغر يدعى خط تدفق تكنولوجيا المجاميع .

ثالثًا – نظام المعلومات : وذلك لأن تكنولوجيا المجاميع لا يمكن أن تتوصل إلى تحديد عوائل الأجزاء والمنتجات ومتابعة التطور والتنوع فى المنتجات إلا إذا توفر نظام معلومات فعال يشتمل على كل المعلومات الخاصة بسمات وخصائص التصميم والتصنيع لكل منتوج . ولاشك أن نظام المعلومات المتقدم يعتمد على استخدام الحاسبة وبرامجها المخصصة لهذا الغرض ، وهذا ما يحققه تخطيط التشغيل بمساعدة الحاسبة الذى سنتعرض له فى الفصل الثالث عشر .

لقد أصبح استخدام تكنولوجيا المجاميع شائعًا فى المصانع الحديثة بسبب المزايا الكثيرة التى يحققها من حيث الكلفة والقدرة على الاستجابة لحاجات الزبائن والتغيرات فى السوق . و لقد أكدت الدراسات الكثيرة التى أجريت لتقييم تطبيقات تكنولوجيا المجاميع (GT) على النتائج الآتية ، كما حددها (هايزر و ريندر J.Hiezer and B.Render) :

أ- خفض المخزون تحت التشغيل : لأن خلية العمل المنظَم حسب (GT) تساعد على تحقيق تدفق متوازن للعمل من آلة لأخرى .

ب- حيز أرضى أقل : لأن خلية العمل المكون من عدة آلات ستكون منظمة بشكل لايتطلب إلا حيزًا صغيرًا بين الآلات لغرض التخزين تحت التشغيل .

ج- مخزون أقل من المواد الأولية والمنتجات النهائية : لأن خلية العمل تسمح بحركة أسرع للمواد ؛ مما يساعد على استخدام المواد الأولية بوقت أسرع و تلبية الطلبيات المتعددة دون حاجة إلى الخزن لفترة أطول .

د- تخفيض كلفة العمل المباشر : بسبب التدفق الأفضل للمواد والجدولة الجيدة ؛ مما يجعل وقت الحركة من قطعة لأخرى ، ومن الوجبة الواحدة ضمن العائلة إلى الأخرى منخفضًا بشكل جوهرى .

هـ- الإحساس القوى بمشاركة العامل فى المنظمة و المنتوج : حيث إن خبرة العمال تستخدم فى تصنيف الأجزاء و تشكيل عوائل الأجزاء و المنتجات بشكل أكبر ، كما أنهم يتحملون مسؤولية أوسع عن النوعية فى خلية العمل .

و- زيادة استغلال الآلات : بسبب تدفق المواد الأسرع والجدولة الجيدة .

ز- تخفيض الاستثمار فى الآلات : لأن الاستغلال الجيد للمصنع يقلص الحاجة إلى عدد أكبر من الآلات ، ومن أجل تخطيط موضوع تكنولوجيا المجاميع ؛ سنتطرق إلى النقاط الآتية :

أولاً : الخطوات الأساسية لتطبيق تكنولوجيا المجاميع .

ثانيًا : الأشكال الأساسية لتكنولوجيا المجاميع .

ثالثًا : تطبيقات تكنولوجيا المجاميع .

٤-٥- الخطوات الأساسية لتطبيق تكنولوجيا المجاميع :

فى كل المصانع التى تعتمد نمط إنتاج الوجبة ، وتقوم بإنتاج عدد كبير من الأجزاء والمنتجات من خلال التنظيم الداخلى على أساس العملية ، نجد أن هناك عدداً كبيراً من المسارات الإنتاجية الخاصة بتصنيع وإنتاج تلك الأجزاء و المنتجات . وإن كل جزء أو منتوج يتطلب أعمال التصميم و التهيئة والإعداد للآلة والعمال والمواد ؛ مما يرفع بدرجة كبيرة كلفة العمل المباشرة و كلف التشغيل الأخرى ، و قد يكون من الملائم فى مثل هذه الحالة تبنى تكنولوجيا المجاميع و الانتقال إلى التنظيم الداخلى المجموعى ، وهذه العملية تتطلب :

(١) إيجاد و اختيار عوائل الأجزاء و المنتجات :

يمكن تعريف عائلة الأجزاء فى (GT) بأنها مجموعة متجانسة من الأجزاء التى تكون تماثلها أكبر من اختلافها من حيث خصائص التصميم و التصنيع وخاصة من حيث المسار الإنتاجى ، وهناك أربعة أساليب لتشكيل عوائل الأجزاء (أو المنتجات) هى :

أولاً – تشكيل العوائل بواسطة البصر : أى بالنظر إلى جميع الأجزاء والمنتجات من الناحية الفنية ، و من ثم ترتيبها و تشكيلها فى مجاميع متشابهة بالاعتماد على خبرة القائمين بالعملية ، و هذا الأسلوب هو الأبسط والأقل تعقيداً وكلفة .

ثانيًا – تشكيل العوائل بواسطة نظام تصنيف وترميز الأجزاء : هذا من أكثر الأساليب استعمالاً فى الوقت الحاضر ؛ ففى تكنولوجيا المجاميع تم تطوير أنظمة عديدة للترميز ، فخصائص التصميم والتصنيع ونمط الإنتاج وتعاقب العمليات – يتم ترميزها لكل جزء أو منتوج ، و هذه الأنظمة – من خلال الرموز – يمكن أن تساعد بسهولة على تشكيل عوائل الأجزاء والمنتجات . ومن هذه الأنظمة : نظام تصنيف أوبتز (The Optiz Classification System) فى ألمانيا ، ونظام ميكلاس (MICLASS System) فى هولندا ، ونظام فوسو (VUOSO System) فى جيكوسلوفاكيا ، ونظام برتش (British System) فى بريطانيا ، و نظام (K-1-2) فى اليابان ، و نظام تيكلا (TEKLA System) فى النرويج ، و هذه الأنظمة تكشف عن الدور الجوهرى لأنظمة

الترميز فى تكنولوجيا المجاميع ، كما توضح حقيقة أن كل نظام من هذه الأنظمة لا يلبى الحاجات العامة بشكل كامل فى الاستخدام ، و نعرض فيما يأتى للنظامين الأولين بإيجاز .

* نظام أوبتز :

لقد تم تطوير هذا النظام من قبل الألمانى (أوبتز H.Optiz) فى جامعة (إيخن Aachen) فى ألمانيا ، وهو يمثل واحداً من الجهود الرائدة فى تكنولوجيا المجاميع ، وهو على الأرجح الأفضل من بين الأنظمة المعروفة المستخدمة فى تصنيف وترميز الأجزاء ، و هذا النظام يستخدم التعاقب الرقمى الآتى :

٥٤٣٢١ ٩٨٧٦ أ ب جـ د

إن الرمز الأساسى يتألف من (٩) أرقام ، وهذا الرمز يمكن توسيعه بإضافة (٤) حروف أخرى ، والأرقام التسعة الأولى تستخدم لترميز بيانات التصميم و التصنيع ؛ فالأرقام الخمسة الأولى (٥٤٣٢١) تدعى رمز الشكل وتشير إلى خصائص التصميم الأساسية للجزء ، والأرقام الأربعة اللاحقة (٩٨٧٦) تمثل الرمز التكميلى والإضافى ، وهى تشير إلى بعض الخصائص المتعلقة بالتصنيع : كالأبعاد ، مادة العمل ، شكل القطعة عند بداية العمل ، الدقة ، أما الحروف الإضافية الأربعة (أ ب جـ د) فتمثل الرمز الثانوى ، وتستخدم لتحديد نمط عملية الإنتاج و التعاقب ، و الرمز الثانوى يمكن أن يكون مصمماً من قبل الشركة ؛ ليخدم حاجاتها الخاصة .

ولإعطاء فكرة عامة عن كيفية عمل نظام (أوبتز Optiz) نشير إلى أن الرقم الأول فى الأرقام الخمسة الأولى يصف الشكل العام للأجزاء ، والأرقام (٢-٥) تمثل العناصر التفصيلية لشكل الأجزاء والمعالجة على الآلات ، والرقم الأول فى الأرقام الأربعة التكميلية ، وهو الرقم (٦) يعبر عن أبعاد الجزء ، والرقم (٧) عن المادة ، والرقم (٨) يشير إلى الشكل الأصلى للمواد الأولية ، والرقم (٩) يشير إلى الدقة .

** نظام ميكلاس :

هذا النظام قد تم تطويره من قبل المؤسسة الهولندية للبحث العلمى التطبيقى ؛ ليساعد على أتمتة وقياس عدد من الخصائص ذات العلاقة بالتصميم و التصنيع ووظائف الإدارة . إن رقم التصنيف فى هذا النظام يمكن أن يمتد بين (١٢) إلى (٣٠) رقمًا ، وأن الأرقام الاثنى عشر تكون ترميزًا عامًا يمكن أن يطبق لأى جزء مع إمكانية استخدم (١٨) رقمًا إضافيًا لترميز البيانات الخاصة بالشركة والصناعة . وأدناه خصائص الجزء المرمزة فى الأرقام الاثنى عشر فى هذا النظام :

الرقم (١) يمثل	الشكل الرئيسى
الرقمان (٢) و (٣)	عناصر الشكل
الرقم (٤)	موقع عناصر الشكل
الرقمان (٢) و (٦)	الأبعاد الأساسية
الرقم (٧)	نسبة البعد
الرقم (٨)	البعد الإضافى
الرقمان (٩) و (١٠)	رموز السماحات
الرقمان (١١) و (١٢)	رموز المواد

إن الميزة الأساسية لهذا النظام هى أن الأجزاء يمكن ترميزها باستخدام الحاسبة بشكل تفاعلى ، فعند الحاجة إلى ترميز جزء جديد يتم ذلك بالإجابة عن (٧) أسئلة توجهها الحاسبة بالنسبة للأجزاء البسيطة ، و(١٠-٢٠) سؤالاً بالنسبة للأجزاء الأكثر تعقيداً ، وفى ضوء الإجابة عن الأسئلة تقوم الحاسبة بإعطاء الرقم الرمزى لذلك الجزء ، وبهذا الشكل تكون الرموز وسيلة مهمة و فعالة فى تشكيل عوائل الأجزاء و المنتجات .

إن هذين النظامين بقدر ما يكشفان أهمية عملية الترميز ودورها الجوهرى فى تكنولوجيا المجاميع - فهما أيضًا يكشفان الحاجة إلى تطوير نظام عام وشامل يمكن أن يغطى الحاجات المختلفة لكل شركة صناعية .

ثالثًا – تشكيل العوائل بطريقة تحليل تدفق الإنتاج :

لقد تم تطوير أسلوب تحليل تدفق الإنتاج من قبل (بيبرج J.L.Burbidge) ؛ حيث تعتمد الطريقة على تدفق الإنتاج فى تحديد عوائل الأجزاء ومجموعة الآلات المختلفة التى تستخدم فى كل عائلة بدلاً من استخدام نظام التصنيف والترميز ورسومات الأجزاء لتحديد العوائل . والأساس فى هذه الطريقة هو تجميع الأجزاء التى لها مسارات فنية متماثلة أو متشابهة معًا فى عائلة ، وبعدئذ يتم تشكيل خلايا آلات فى التنظيم الداخلى لتكنولوجيا المجاميع ، أى تكوين خلايا العمل التى هى مجموعة آلات مترابطة و مطلوبة لإنتاج عائلة الأجزاء فى تدفق فعال للإنتاج ، إن هذه الطريقة يمكن استخدامها باتباع الخطوات الآتية :

أ – جمع البيانات (Data Collection) : تتقرر هذه حسب نطاق الدراسة للحصول على البيانات الضرورية ، ويتحدد النطاق بالأجزاء التى يتم تحليلها ، والبيانات الضرورية الدنيا المطلوبة فى التحليل هى : رقم الجزء ، مسار الآلات (تعاقب العملية) لكل جزء ، و هذه يتم الحصول عليها من استمارات المسار الفنى (Route Sheets) ، كما تجمع البيانات الإضافية ، مثل : حجم الوجبة ، المعايير القياسية الزمنية ، معدل الإنتاج السنوى .

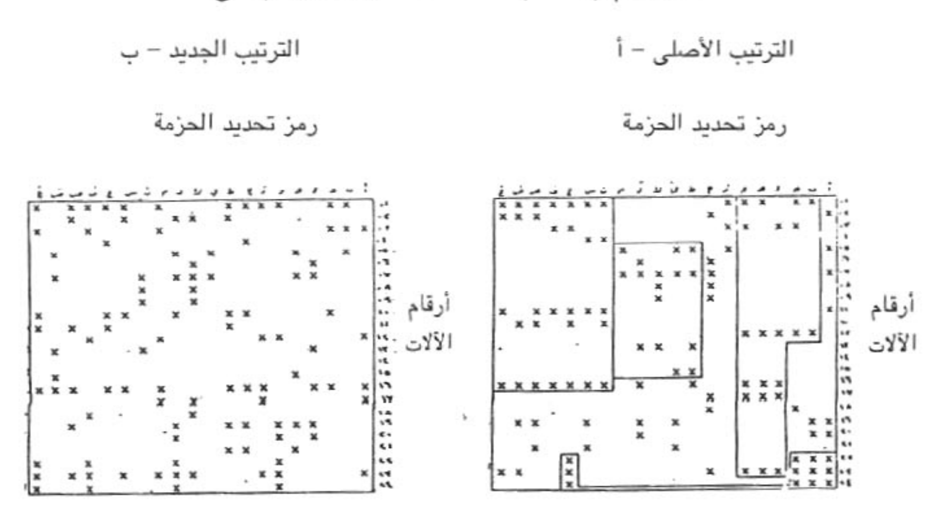
ب – تصنيف مسارات التشغيل (Sorting of Process Routing) : تتعلق بترتيب الأجزاء فى مجموعات حسب تماثل مسارات تشغيلها ، وفى حالة الدراسة الواسعة التى تغطى عدداً كبيراً من الأجزاء يتم ترميز البيانات المجمعة فى الخطوة الأولى فى بطاقات أو قوائم الحاسبة . إن طريقة التصنيف تستخدم هذه السعة و ترتيبها فى مجموعات أو حزم ؛ حيث إن كل حزمة تمثل مجموعة من الأجزاء ذات مسار تشغيلى متماثل .

ج – مخطط تحليل تدفق الإنتاج (PFA Chart) : إن العمليات المستخدمة فى كل حزمة تم التوصل إليها فى الخطوة السابقة تعرض بشكل بيانى على مخطط تحليل تدفق الإنتاج الذى يساعد فى دراسة البيانات المجمعة .

يلاحظ من الترتيب الأصلى فى الشكل رقم (٤–١٠–أ) أن الأجزاء كانت غير محددة المسارات ومتداخلة بطريقة لا تسمح بتكوين حزمة من الأجزاء ذات مسار متماثل .

باستخدام تحليل تدفق الإنتاج يمكن الحصول على بيانات عن مسارات إنتاج الأجزاء وتعاقبات التشغيل ؛ حيث يساعد على تحديد المسارات الملائمة لكل حزمة أو عائلة من الأجزاء التى تتطلب نفس الآلات ونفس التعاقب أو ما هو قريب من ذلك والشكل رقم (٤-١٠-ب) يوضح تكوين المسارات الملائمة والتى تظهر فى الترتيب الجديد على هيئة كتل محددة بدون تداخل أو تقاطع . وإذا كان تحليل تدفق الإنتاج يقدم طريقة فعالة لتصنيف وتجميع الأجزاء المتشابهة أو المتقاربة وتحديد المسارات التشغيلية الملائمة ؛ فإن مخطط تحليل تدفق الإنتاج يساعد على إظهار هذه البيانات المجمعة فى كتل واضحة .

الشكل رقم (٤-١٠) : مخطط تحليل تدفق الإنتاج



د - التحليل (Analysis) : هو الخطوة الصعبة والحرجة فى الطريقة ؛ لأنها تستلزم تحديد المجموعات المتشابهة من البيانات التى تم التوصل إليها فى الخطوات السابقة ، وهذا يمكن أن يتحقق من خلال إعادة ترتيب البيانات على مخطط تحليل تدفق الإنتاج الأصلى لتكوين وإظهار الحزم ذات المسارات المتماثلة . ويوضح الشكل رقم (٤-١٠-أ) مخطط (PFA) الأصلى ، وإن إعادة الترتيب لهذا المخطط تظهر فى الشكل رقم (٤-١٠-ب) فتظهر المجموعات ضمن الكتل المحددة فى المخطط .

رابعًا - تشكيل العوائل بواسطة خصائص التصميم : يتم وفق هذا الأسلوب تحديد الأجزاء المشابهة من حيث الشكل والوظيفة بالاعتماد على خبرة القائمين بالتصميم مع الاستعانة بالرسوم الهندسية والأشكال لتوضيح التشابهات ما بين أجزاء العائلة الواحدة . بهذه الطريقة نخلص من الخطوة الأولى المتعلقة بايجاد عوائل المنتجات والأجزاء .

(٢) **حساب التحميل** : فى هذه الخطوة يتم تحديد مقدار العمل المطلوب لكل جزء ، ومن ثم تحديد عدد الآلات و العاملين حسب معدل الإنتاج السنوى من هذه الأجزاء ضمن العائلة الواحدة التى تستخدم خلية عمل واحدة ، وهكذا بالنسبة للعوائل كلها .

(٣) **تعيين مجاميع العمل** : يتم تحديد مجاميع العمل من العاملين فى مختلف الأقسام فى هذه الخطوة .

(٤) **محاكاة العمل و تسجيل و معالجة النتائج** : إن الخبرة المكتسبة محدودة ؛ لذا تتم محاكاة أثر التشغيل قبل تركيب المجاميع بشكل نهائى ؛ لتكون هذه الخطوة بمثابة تقييم لهذه الخطوات قبل التنفيذ .

٤-٦- الأشكال الأساسية لنظم تصنيع تكنولوجيا المجاميع :

هناك ثلاثة أشكال أساسية مستخدمة فى هذا المجال هى :

أولاً - مركز تكنولوجيا المجاميع (GT-Center) : فى هذا الشكل يكون المصنع كله مرتبًا وفق التنظيم الداخلى على أساس العملية ، باستثناء بعض العمليات أو الآلات أو الأفراد الذين يجمعون فى مركز آلات لإنجاز العمليات المشتركة لعدد من الأجزاء ؛ بما يحقق الاقتصاد فى الآلات وكلفة التهيئة و الإعداد والتدريب والعمل الإدارى ، وهذا الشكل هو الأقرب إلى التنظيم الداخلى على أساس العملية من الأشكال الأخرى لتكنولوجيا المجاميع . انظر الشكل رقم (٤-١١) .

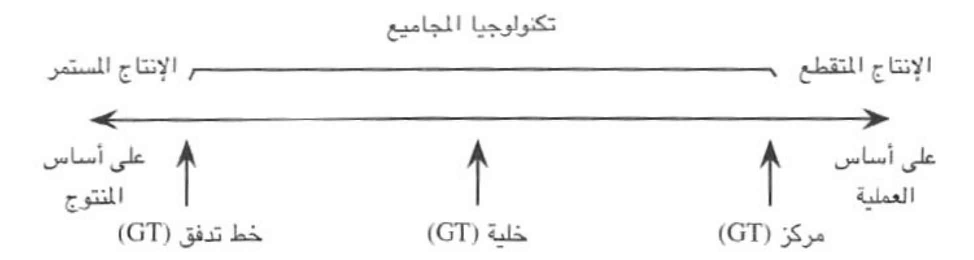
ثانيًا - خلية تكنولوجيا المجاميع (GT-Cell) : هذا الشكل واسع الاستخدام ؛ حيث إن خلايا (GT) عبارة عن مجموعة من الآلات (وأحيانًا آلة واحدة ذات مهام متعددة مكونة خلية عمل) تقوم بإنجاز جميع العمليات المطلوبة لأجزاء معينة . و يلاحظ

أن بعض الأجزاء التى تنتج فى هذه الخلايا تكون عالية الانسياب والكفاءة ، والبعض الآخر ليس كذلك ؛ مما يعطى مرونة فى العمليات ، ويؤدى إلى تدنى الكفاءة فى هذا الشكل من تكنولوجيا المجاميع بالمقارنة مع الشكل الأخير .

ثالثًا – خط تدفق تكنولوجيا المجاميع (GT-Flow Line) : هذا الشكل هو الأقرب إلى التنظيم الداخلى على أساس المنتوج ؛ لأنه بمثابة تنظيم داخلى صغير على أساس المنتوج ، وهو الأبعد عن التنظيم الداخلى على أساس العملية من الشكلين السابقين .

والشكل رقم (٤-١١) يوضح موقع هذه الأشكال بين الشكلين الرئيسيين للتنظيم الداخلى على أساس المنتوج و العملية . وهناك معلومات ضافية عن هذا الجانب فى فصل تكنولوجيا الإنتاج .

الشكل رقم (٤-١١) : أشكال تكنولوجيا المجاميع

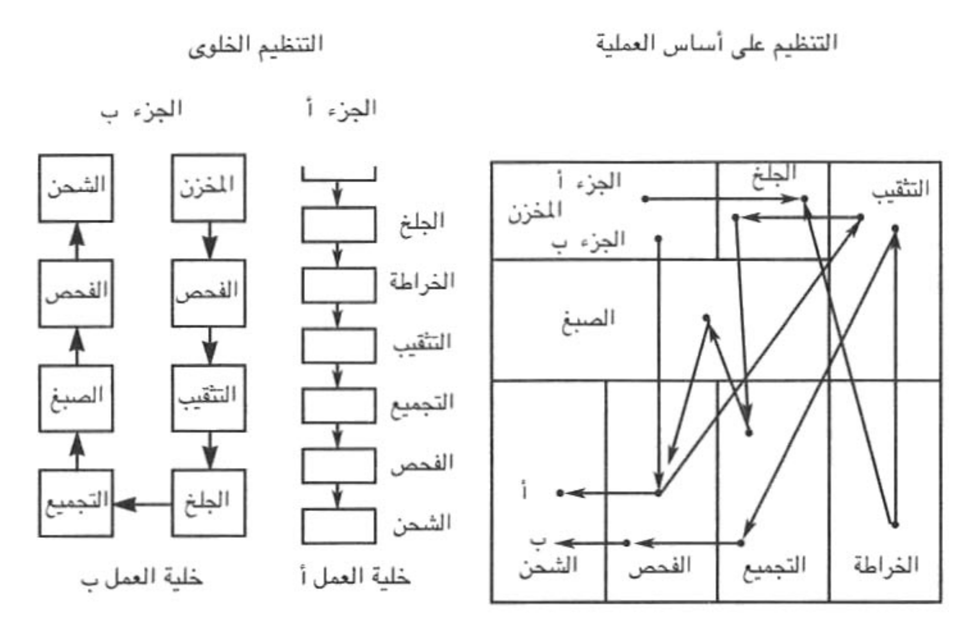


٤-٧- تطبيقات تكنولوجيا المجاميع :

نقدم فيما يأتى بعض الأمثلة عن تطبيقات تكنولوجيا المجاميع :

* مصنع قطع غيار للمعدات الثقيلة يتلقى طلبيات لصنع أجزاء بكميات محدودة ، ولأن عدد الأجزاء المنتجة كبير ؛ فقد اعتمد المصنع التنظيم الداخلى على أساس العملية ، وقد لاحظ مديرالإنتاج مع الوقت أن هناك جزأين تزايد الطلب عليهما بشكل كبير ؛ بما يسمح بتكوين خلايا عمل لإنتاجهما بانسيابية وكفاءة عالية ، ويوضح الشكل رقم (٤-١٢) التنظيم على أساس العملية والتنظيم الخلوى للجزأين .

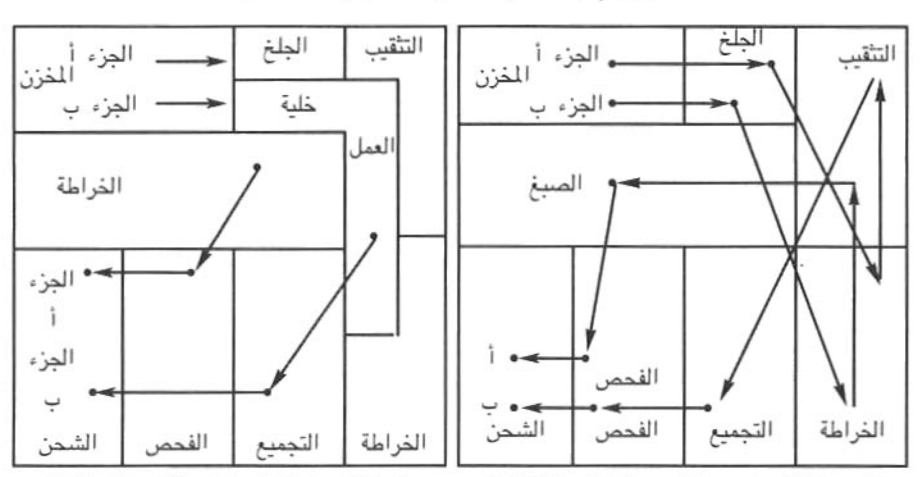
الشكل رقم (٤-١٢) : الانتقال من التنظيم حسب العملية إلى التنظيم الخلوى



* أحد المصانع يقوم بإنتاج عدد كبير من الأجزاء على مجموعة من الآلات المرتبطة على أساس العملية ، ومع الوقت و تغير بعض هذه الأجزاء ؛ لاحظ مدير العمليات أن هناك ثلاث عمليات تتكرر بنفس التعاقب فى المسارات الفنية لإنتاج عدد معين من الأجزاء . انظر الشكل رقم (٤-١٣) .

قرر هذا المصنع القيام بتكوين خلية من هذه العمليات الثلاث لتحقيق انسيابية عالية فى الحالة الأولى ، واستخدام آلة جديدة (أو إنسان آلى) ذات أغراض متعددة تقوم بالعمليات الثلاث المتكررة بنفس التعاقب فى الحالة الثانية ، والحالة الأخيرة تقترب من مركز تكنولوجيا المجاميع أى مركز آلة منفردة ، و الشكل رقم (٤-١٣) يوضح هذا التطبيق .

الشكل رقم (٤-١٣) : خلية العمل بثلاث عمليات



- نفس التعاقب فى عمليات : الجلخ - الخراطة - التثقيب فى الجزأين («أ» ، «ب») .

- خلية العمل ترتب بنفس التعاقب المطلوب للجزأين الجلخ - الخراطة - التثقيب .

* مصنع يقوم بعدد من عمليات المعالجة المختلفة (القطع ، الصقل ، التلميع ، التثقيب ، الخراطة ، الطرق) تكون مطلوبة لإنتاج مجموعة من الأجزاء ، وحيث إن بعض الأجزاء لها متطلبات معالجة متشابهة ؛ فقد تم تجميعها فى عوائل الأجزاء ، والجدول رقم (٤-١٤) يوضح وجود سبع عوائل للأجزاء .

الجدول رقم (٤-١٤) : الأجزاء و عوائل الأجزاء واحتياجات المعالجة

عائلة الجزء	الأجزاء	احتياجات المعالجة
١	أ ، و ، ل	القطع ، الصقل ، التلميع
٢	جـ ، هـ ، س	القطع ، الصقل ، الطرق
٣	ب ، د ، ز	القطع ، الصقل ، التشكيل
٤	م ، ن	القطع ، الصقل ، التثقيب
٥	ح ، ك	التثقيب ، الخراطة
٦	ى	الخراطة ، الطرق
٧	ط	الطرق ، الخراطة ، التثقيب

يوضح الجدول رقم (٤-١٥) مخطط عمليات معالجة الأجزاء . إن عوائل الأجزاء السبعة يمكن استخدامها لتحديد سبع خلايا فى تكنولوجيا المجاميع ، فمثلاً الخلية الأولى تتكون من آلة القطع ، آلة الصقل ، وآلة التلميع ، والخلية الثانية تتألف من آلة القطع والصقل والطرق وهكذا .

إن تشكيل هذا العدد من الخلايا قد لا يكون خياراً جيداً إذا كانت الآلات مكلفة والموارد المتاحة غير كافية ، و لنفرض أن المصنع فى هذا المثال لديه آلتان فقط من كل نوع ، ففى هذه الحالة سيكون من غير الممكن إنشاء سبع خلايا فمن ملاحظة احتياجات المعالجة نجد أن أربع خلايا تتطلب آلات الصقل والقطع وهكذا .

لهذا نجد أن المصانع لا تعتمد فى بعض الأحيان على احتياجات المعالجة وخاصة فى الحالات التى تتقاسم عوائل الأجزاء نفس خطوات أو عمليات المعالجة وليس بالضرورة كلها كما فى هذا المثال . والطريقة المتبعة لحل هذه المشكلة هى بالربط اللاحق لعوائل الأجزاء ؛ حيث من الممكن تجميع القطع، الصقل ، التلميع ، والطرق فى خلية واحدة ، وهذه الخلية تستطيع معالجة عوائل الجزء (١) و (٢) وبنفس الطريقة فإن عوائل الجزء (٣) و (٤) يمكن معالجتها من خلال خلية ثانية تتضمن القطع ، الصقل ، التشكيل ، والتثقيب . أخيراً فإن عوائل الجزء (٥) ، (٦) ، و (٧) يمكن معالجتها من قبل خلية تتألف من : الطرق ، الخراطة ، والتثقيب . وأن الجدول رقم (٤-١٥) يساعد فى تشكيل هذه الخلايا والتى تم تحديدها فى الجدول رقم (٤-١٦) حيث يظهر فيه تشكيل الخلايا الثلاث التى تقوم بإنتاج جميع الأجزاء .

الجدول رقم (٤-١٥) : مخطط عمليات المعالجة للأجزاء

الجزء	القطع	الصقل	التلميع	الطرق	التشكيل	الخراطة	التثقيب
أ	+	+	+				
ب	+	+			+		
ج	+	+		+			
د	+	+			+		
هـ	+	+		+			
و	+	+					
ز	+	+	+		+		
ح						+	+
ط				+		+	+
ى				+		+	
ك						+	+
ل	+	+	+				
م	+	+					+
ن	+	+					+
س	+	+		+			

إن عملية التجميع لعوائل الأجزاء بهذه الطريقة وفق التنظيم الداخلى الخلوى يرفع إلى الحد الأقصى استغلال الآلات الموجودة .

الجدول رقم (٤-١٦) : تجميع عوائل الأجزاء فى الخلايا

عائلة الجزء	الأجزاء	الخلية	العمليات
١	أ ، و ، ل	١	القطع ، الصقل ، التلميع
٢	جـ ، ك ، س		الطرق
٣	ب ، د ، ز	٢	القطع ، التثقيب ، الصقل
٤	م ، ن		التشكيل
٥	ح ، ك	٣	
٦	ي		الطرق ، الخراطة ، التثقيب
٧	ط		

هناك معايير أخرى يمكن أن تستخدم فى تشكيل و تصميم خلايا العمل فى هذا التنظيم هى :

أ - تخفيض عدد عوائل الأجزاء إلى الحد الأدنى .

ب - الاهتمام بحجم الأجزاء على كل مجموعة من الآلات .

ج - تهدئة انسياب العمل .

د - الاهتمام بالتصميم المستقبلى للجزء و تغيرات التصميم .

هـ- مرونة التنظيم الداخلى .

و - التغيرات التكنولوجية المحتملة فى التشغيل .

ز - توفر مهارات القوى العاملة .

٤-٨ - طرق تحديد موقع الأقسام فى التنظيم الداخلى :

إن اختيار التنظيم الداخلى يجعل المهمة اللاحقة التى يجب معالجتها تتمثل فى تحديد موقع الأقسام أو مراكز العمل أو العمليات بالعلاقة مع بعضها . وإذا كان التنظيم الداخلى على أساس المنتوج يساعد على تحديد موقع العمليات بسهولة

بالاعتماد على تعاقب العمليات المطلوبة للمنتوج - فإن مواقع أقسام الإنتاج والصيانة والخدمات المساعدة والأقسام الإدارية والمحاسبية وغيرها فى التنظيم الداخلى على أساس المنتوج تتطلب الدراسة و التحليل للتوصل إلى الاختيار الأفضل لمواقع هذه الأقسام . أما فى التنظيم الداخلى على أساس العملية والموقع الثابت ؛ فإن الحاجة تكون أكبر من أجل تحديد مواقع الأقسام ومراكز العمل ، بسبب تنوع المسارات والحركات المطلوبة المختلفة للمواد والعمال بين الأقسام ومراكز العمل ؛ مما يستدعى تحليل هذه المسارات و الحركات للتوصل إلى أفضل ترتيب لها .

وفى ترتيب الأقسام ومراكز العمل فإن الافتراض المنطقى و المعيار الأساسى الذى يعتمد عليه فى اختيار الأقسام المتجاورة وغير المتجاورة يتمثل فى خفض مناولة المواد وحركة العمال ؛ لهذا فإن مفهوم الأقسام المتجاورة يشير إلى الأقسام التى تكون بينها مناولة المواد و حركة العمال متكررة واسعة ، بينما الأقسام غير المتجاورة فتشير إلى تلك الأقسام التى تكون العلاقات بينها محدودة ومناولة المواد وحركة العمال بينها قليلة . وإن الطرق المستخدمة فى تحديد موقع الأقسام تعتمد هذا المعيار القائم على العناصر التالية : المسافات المقطوعة ، الحمولات المنقولة بين الأقسام ، عدد مرات نقل الحمولة أو حركة العمال بين الأقسام ، وأخيراً درجة الأهمية النسبية للتجاور بين الأقسام . وتصنف طرق تحديد مواقع الأقسام فى التنظيم الداخلى إلى : الطرق الكمية والطرق النوعية .

أولاً - الطرق الكمية :

إن الطرق الكمية فى ترتيب الأقسام ومراكز العمل تعتمد على العوامل القابلة للقياس ، كماهوالحال فى مسافة المناولة و مقدار الحمولة و عدد الحمولات ؛ بما يجعل المواقع الأفضل للأقسام ومراكز العمل هى المواقع الاقتصادية التى تقلص حجم المناولة وكلفها . و من الطرق الكمية المستخدمة على نطاق واسع فى هذا المجال الطريقة التجريبية أو طريقة المحاولة و الخطأ التى تقوم على تقييم الترتيب الأولى للأقسام ، ومن ثم تجريب خطط معدلة بشكل متكرر ؛ حتى يتم التوصل إلى الترتيب الأفضل

للأقسام ، وليس بالضرورة إلى الترتيب الأمثل ؛ لأن الطريقة التجريبية ليست من طرق الأمثلية ، ولأن هذه الطريقة مطولة و تتطلب حسابات مرهقة ؛ فإن الحاسبة تستخدم فيها . ونعرض فيما يأتى طريقتين تدخلان ضمن الطرق التجريبية .

(١) مقياس الحمولة – المسافة (Load-Distance Scale) :

هذه الطريقة تعتمد على معيار المسافة الكلية الأدنى فى اختيار الترتيب الأفضل للأقسام ؛ حيث إن المسافة الكلية الأدنى هى دالة المسافة والحمولات بين الأقسام ، ويمكن التعبير عنها بالمعادلة الآتية :

المسافة الكلية الأدنى = ك = ١ ل = ١

حيث :

ن = العدد الكلى للأقسام .

ك ، ل = الأقسام المعينة .

م ك ل = المسافة بين القسم (ك) و القسم (ل) .

ح ك ل = الحمولة المنقولة (أو عدد النقلات) من القسم (ك) إلى القسم (ل) .

إن الخطوات الأساسية للطريقة هى :

أ – تحديد الترتيب الأولى لموقع الأقسام أو مراكز العمل ، فى حالة المصنع القائم فإن الترتيب الحالى للأقسام هو الترتيب الأولى ، وفى حالة المصنع الجديد يتم وضع الترتيب الأولى بشكل اختيارى .

ب – تحديد المسافات ما بين كل قسم والأقسام الأخرى .

جـ – تحديد الحمولات المنقولة بين كل قسم و الأقسام الأخرى .

د – تنظيم مصفوفة (من – إلى) بين الأقسام حسب ترتيب الأقسام والحمولات المنقولة بين كل زوج من الأقسام .

هـ- تطوير الخطط المعدلة و احتساب المسافة الكلية لهذه الخطط و مقارنتها مع المسافة الكلية للخطة أو الترتيب الأولى ، والاستمرار بذلك حتى يتم التوصل إلى الخطة الأفضل أو الأمثل ذات المسافة الكلية الأدنى ، والمثال (٤-١) يوضح استخدام هذه الطريقة .

مثال (٤-١) :

شهدت شركة البركة تغيرات كثيرة فى حجم الإنتاج ونوع المنتجات فى السنوات الثلاث الماضية ؛ لهذا قررت إدارة الشركة إعادة تقييم الترتيب الحالى لأقسام المصنع ، والشكل أدناه يوضح الترتيب الحالى الذى يتكون من (٧) أقسام منها ستة متساوية الحجم و الشكل ، وبعد الرجوع إلى الأقسام ؛ تم الحصول على معلومات عن عدد النقلات بين الأقسام فى الأسبوع ، وعلى أساسها تم تنظيم مصفوفة (من - إلى) كما تظهر فى الجدول التالى .

أ	ب	د	و
	جـ	هـ	ز

مصفوفة (من - إلى) :

من / إلى	أ	ب	جـ	د	هـ	و	ز
أ		٢		٩		١٠	٥
ب			١٠	٦			٨
جـ				٤		٣	
د						٥	٢
هـ							٣
و							
ز							

ولأسباب تتعلق بالبناء فإن القسم (أ) يجب أن يبقى فى موقعه الحالى .

المطلوب : تحديد الترتيب الأفضل لأقسام المصنع لتحقيق المسافة الكلية الأدنى باستخدام الطريقة التجريبية على افتراض استخدام الخطوط المستقيمة فى نقل الحمولات بين الأقسام ، وأن القسم (أ) يستطيع أن يتصل بالقسمين المجاورين بخط مستقيم مماثل لأى قسمين متجاورين آخرين .

الحل : مع الالتزام بموقع القسم (أ) فى مكانة الحالى ، فبالإمكان تطوير خطط معدلة يمكن أن تساهم فى تقليص المسافة الكلية بالمقارنة مع المسافة الكلية للترتيب الحالى لأقسام المصنع ، والشكل التالى يمثل خطتين معدلتين لترتيب أقسام المصنع .

خطتان معدلتان لترتيب أقسام المصنع

الخطة المعدلة (١)

أ	و	ب	ج
	ز	د	هـ

الخطة المعدلة (٢)

أ	و	جـ	هـ
	د	ب	ز

نقوم باحتساب المسافات بين الأقسام ، ومن ثم مجموع المسافة المقطوعة بين كل زوج من الأقسام (المسافة مضروبة فى عدد التنقلات بين كل زوج من الأقسام) للتوصل إلى المسافة الكلية لكل خطة ترتيب . و يوضح الجدول التالى هذه الحسابات .

احتساب المسافة الكلية

زوج الأقسام	عدد النقلات (ح)	الترتيب الحالى		الخطة المعدلة (١)		الخطة المعدلة (٢)	
		المسافة (م)	م x ح	المسافة (م١)	م x ح	المسافة (م٢)	م x ح
أ - ب	٢	١	٢	٢	٤	٢	٤
أ - د	٩	٢	١٨	٢	١٨	١	٩
أ - و	١٠	٣	٣٠	١	١٠	١	١٠
أ - ز	٥	٣	١٥	١	٥	٣	١٥
ب - ج	١٠	١	١٠	١	١٠	١	١٠
ب - هـ	٦	٢	١٢	٢	١٢	٢	١٢
ب - ز	٨	٣	٢٤	٢	١٦	١	٨
ج - د	٤	٢	٨	٢	٨	٢	٨
ج - و	٣	٣	٩	٢	٦	١	٣
د - و	٥	١	٥	٢	١٠	١	٥
د - ز	٢	٢	٤	١	٢	٢	٤
هـ - ز	٣	١	٣	٢	٦	١	٣
المسافة الكلية		١٤٠		١٠٧		٩١	

يلاحظ أن الخطة المعدلة (١) قد حققت تحسينًا فى الترتيب بتخفيض المسافة الكلية بين الأقسام من (١٤٠) إلى (١٠٧) ، وأن الخطة المعدلة (٢) خفضت أيضًا هذه المسافة إلى (٩١) و هى الخطة الأفضل ، و من الممكن القيام بتجريب خطط أخرى ، فإذا تم خفض المسافة الكلية إلى ما دون (٩١) ؛ عندئذ تعتبر هى الخطة الأفضل .

(٢) طريقة الكلفة الكلية الأدنى :

وفق هذه الطريقة فإن المواقع الإقتصادية للأقسام أو مراكز العمل يتم اختيارها على أساس وضع الأقسام (أو مراكز العمل) ذات التدفقات الكبيرة والمتكررة للمواد

قرب بعضها ، وهذا يؤدى إلى خفض كلفة هذه التدفقات ؛ حيث إن هذه الكلفة هى دالة كلفة نقل الحمولات وعددها بين الأقسام ، وهذا ما يمكن التعبير عنه بالمعادلة الآتية :

$$\text{الكلفة الكلية الأدنى} = \sum_{ك=1}^{ن} \sum_{ك=1}^{ن} ع_{ك ل} \; ف_{ك ل}$$

حيث $ع_{ك ل}$ = عدد الحمولات المنقولة من القسم (ك) إلى القسم (ل) .

$ف_{ك ل}$ = كلفة نقل الحمولة من القسم (ك) إلى القسم (ل) .

يلاحظ أن ($ف_{ك ل}$) يربط بين المسافة و الحمولة بين الأقسام ، وهذا يفترض أن صعوبة الحركة بين جميع الأقسام متساوية ، وأن كلف التعجيل أو التباطؤ ثابتة ، ورغم أن هذه الشروط ليست هى شروط الحالة الواقعية دائمًا إلا أن الطريقة تعتبر أداة مهمة و مساعدة فى التوصل إلى الترتيب الأفضل لمواقع الأقسام .

لتطبيق هذه الطريقة ؛ لنأخذ المثال الآتى (المثال مقتبس من (هايزر وريندر J.Hiezer and B.Render) ، حيث تقوم إدارة إحدى الشركات بترتيب (٦) أقسام مكونة لمصنع بطريقة تحقق أدنى كلفة لمناولة المواد بين الأقسام ، وقد اعتمدت الافتراض الأولى بأن كل قسم يكون (٢٠ x٢٠ مترًا) ، وأن هذه الأقسام تقام على مساحة مستطيلة (٦٠) مترًا طولاً و (٤٠) مترًا عرضًا .

إن خطوات هذه الطريقة تماثل الطريقة السابقة ؛ لهذا لن نكرر عرضها ، ولنفترض أن الشركة بعد جمع المعلومات قامت بوضع مصفوفة (من- إلى) للحمولات المنقولة أسبوعيًا كما تظهر فى الجدول رقم (٤-١٧) ، وأن الترتيب الأولى المقترح للأقسام و حسب المساحة المحددة لكل قسم (٢٠x٢٠ مترًا) كما يظهر فى الجدول رقم (٤-١٨) .

إن الشركة تستخدم رافعة شوكية لنقل الحمولات بين الأقسام ، وكلفة نقل الحمولة بين الأقسام المجاورة هى دينار واحد ، وكلفة النقل بين الأقسام غير المتجاورة هى ديناران .

المطلوب : تحديد الترتيب الأفضل للأقسام الستة فى المصنع الذى يحقق أدنى كلفة كلية .

الجدول رقم (٤-١٧) : مصفوفة (من - إلى) للأقسام الستة

من \ إلى	١	٢	٣	٤	٥	٦
١		٥٠	١٠٠	–	–	٢٠
٢			٣٠	٥٠	١٠	–
٣				٢٠	–	١٠٠
٤					٥٠	–
٥						–
٦						

الجدول رقم (٤-١٨) : الترتيب الأولى للأقسام الستة

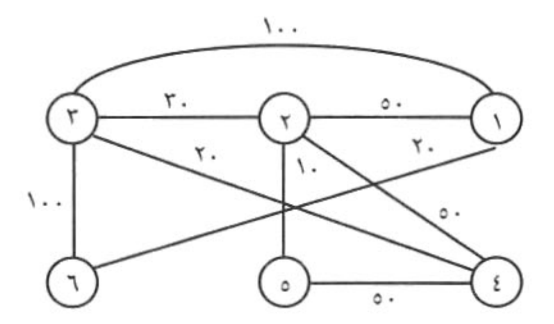
القسم (١)	القسم (٢)	القسم (٣)
القسم (٤)	القسم (٥)	القسم (٦)

٤٠م

٦٠م

يمكن تمثيل الترتيب الأولى للتدفقات بين الأقسام وعدد الحمولات الأسبوعية فى الشكل رقم (٤-١٩) :

الشكل رقم (٤-١٩) : تدفق الحملات بين الأقسام



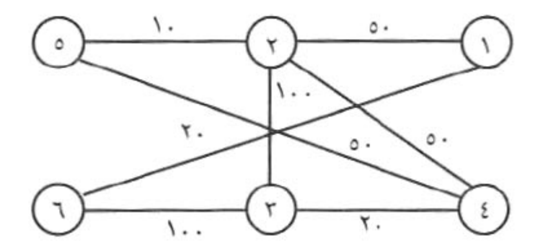
إن الكلفة الكلية لمناولة المواد (الحمولات) بين الأقسام وفق الترتيب الأولى يمكن احتسابها كالآتى :

زوج الأقسام	١-٢	١-٣	١-٦	٢-٣	٢-٤	٢-٥	٣-٤	٣-٦	٤-٥	المجموع
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
الكلفة	٥٠ +	٢٠٠ +	٤٠ +	٣٠ +	٥٠ +	١٠ +	٤٠ +	١٠٠ +	٥٠	٥٧٠ دينارًا

يلاحظ أن كلفة الحمولة فى الأقسام المتجاورة هى نصف كلفة المناولة بين الأقسام غير المتجاورة ، وأن المتجاور يعنى فى هذا المثال كل الحالات ، بما فى ذلك الخطوط القطرية بين الأقسام كما هو واضح مثلاً فى القسمين (٢-٤) ، حيث الحمولة (٥٠) وكلفتها (٥٠x١ = ٥٠ دينارًا) .

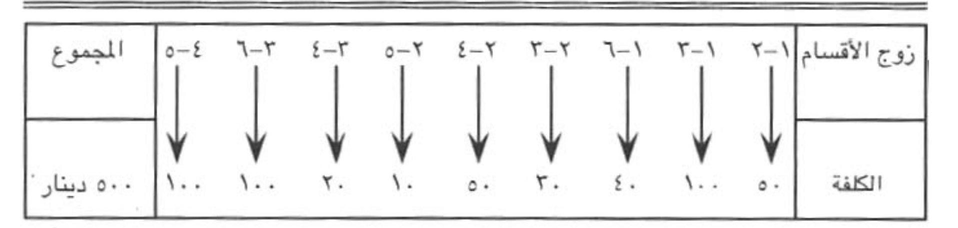
باستخدام الطريقة التجريبية يمكن اقتراح خطط معدلة ، و ذلك بتغيير مواقع بعض الأقسام بما يقلص الكلفة الكلية ، و الخطة المعدلة تعتمد على تغيير القسم (٣) ؛ ليكون فى محل القسم (٥) و بالعكس . والشكل رقم (٤-٢٠) يوضح هذه الخطة .

الشكل رقم (٤-٢٠) : الخطة المعدلة لترتيب الأقسام الستة



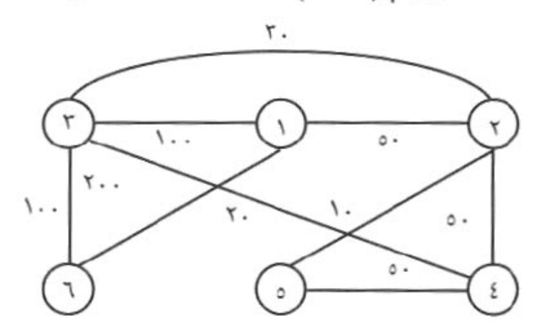
و يمكن احتساب كلفة الخطة المعدلة لترتيب الأقسام الستة كالآتى :

بالإمكان تجريب خطة معدلة ثانية ، وذلك بوضع القسم (١) محل القسم (٢) وبالعكس كما فى الشكل (٤-٢١) .

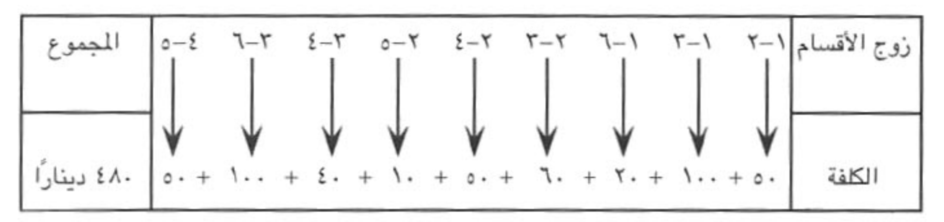


زوج الأقسام	١-٢	١-٣	١-٦	٢-٣	٢-٤	٢-٥	٣-٤	٣-٦	٤-٥	المجموع
الكلفة	٥٠	١٠٠	٤٠	٣٠	٥٠	١٠	٢٠	١٠٠	١٠٠	٥٠٠ دينار

الشكل رقم (٤-٢١) : الخطة المعدلة الثانية



إن كلفة الخطة المعدلة الثانية هى :



زوج الأقسام	١-٢	١-٣	١-٦	٢-٣	٢-٤	٢-٥	٣-٤	٣-٦	٤-٥	المجموع
الكلفة	٥٠ +	١٠٠ +	٢٠ +	٦٠ +	٥٠ +	١٠ +	٤٠ +	١٠٠ +	٥٠	٤٨٠ ديناراً

هذه الخطة تحقق اقتصاداً بكلفة المناولة الكلية مقداره (٩٠) ديناراً بالمقارنة مع الترتيب الأولى للأقسام ، و (٢٠) ديناراً بالمقارنة مع الخطة المعدلة الأولى ، وهى تمثل الخطة الأفضل . والشكل رقم (٤-٢٢) يوضح الترتيب الأفضل للأقسام الستة فى المصنع .

و من الممكن إيجاد ترتيبات أخرى بتغيير مواقع الأقسام ، حيث هناك فى حالة وجود (٦) أقسام (٧٢٠) ترتيباً ممكناً (لأن ٦:= ٦x ٤x ٣x ٢x ١) ، وفى مشكلات التنظيم الداخلى من النادر الوصول إلى الترتيب الأمثل ، وربما يكون الحل المرضى والملائم مبرراً ؛ لأنه يمكن التوصل إليه بوجود حمولات أقل .

الشكل رقم (٤-٢٢) : الترتيب الأفضل للأقسام الستة

القسم (٢)	القسم (١)	القسم (٣)
القسم (٤)	القسم (٥)	القسم (٦)

لقد طورت برامج حاسبة للمساعدة فى معالجة مثل هذه المشكلات ذات الترتيبات الكثيرة ، فمثلاً عندما يكون لدينا (٢٠) قسمًا ؛ فإن الترتيبات المحتملة تصل إلى أكثر من (٦٠٠) ترليون (أى مليون المليون) ؛ مما يجعل استخدام الحاسبة مسألة ضرورية ، وهذا ما سنعالجه فى فقرة قادمة .

ثانيا - الطرق النوعية :

إن الطرق الكمية كما أوضحنا تعتمد فى تحديد مواقع الأقسام على عوامل قابلة للقياس ، مثل : المسافة الكلية أو الكلفة الكلية الأدنى ، أما الطرق النوعية فإنها تعتمد على عوامل أخرى عادة ما تكون غير قابلة للقياس ، و يعتمد فيها على عوامل متباينة لاتجمعها وحدة القياس ؛ حيث تكون بعض الأقسام قريبة من بعضها ؛ لأن الإدارة تفضل ذلك والبعض الآخر لمقاسمة نفس المكان ، وأقسام أخرى لا يفضل اقترابها من بعض ، وفى مثل هذه الحالات تستخدم الطرق النوعية .

إن الخطوات الأساسية لهذه الطريقة تتمثل فى التالى :

١ - وضع القائمة بالأقسام مع تحديد العلاقات المحتملة بين الأقسام بما فى ذلك تفضيلات الإدارة لموقع الأقسام .

٢ - وضع مقياس للأهمية النسبية لقرب الأقسام بعضها من بعض .

٣ - تحديد سبب قرب الأقسام من بعضها .

٤ - وضع مخطط العلاقات الذى يمثل شكلاً حلزونياً لعلاقات الأقسام ؛ مما يسهل فهم العلاقات بين الأقسام .

٥ - تقييم العلاقات و تحديد مواقع الأقسام حسب الأهمية النسبية ، وسبب القرب بين الأقسام كمناولة مواد بكميات كبيرة أو حركة العاملين فيما بينها .

إن المثال التالى يوضح استخدام هذه الطريقة .

يقوم مدير الإنتاج بإعادة النظر فى ترتيب الأقسام الفنية فى المصنع فى ضوء خبرته فى علاقات هذه الأقسام به والعلاقات المتبادلة فيما بينها ، و قد حدد مقياساً للأهمية النسبية لقرب الأقسام الستة ومكتب مدير الإنتاج كما فى الجدول رقم (٤-٢٣-أ) وسبب قرب الأقسام من بعضها كما فى الجدول رقم (٤-٢٣-ب) .

الجدول رقم (٤-٢٣) : مقياس الأهمية النسبية وسبب القرب

(أ) مقياس الأهمية النسبية

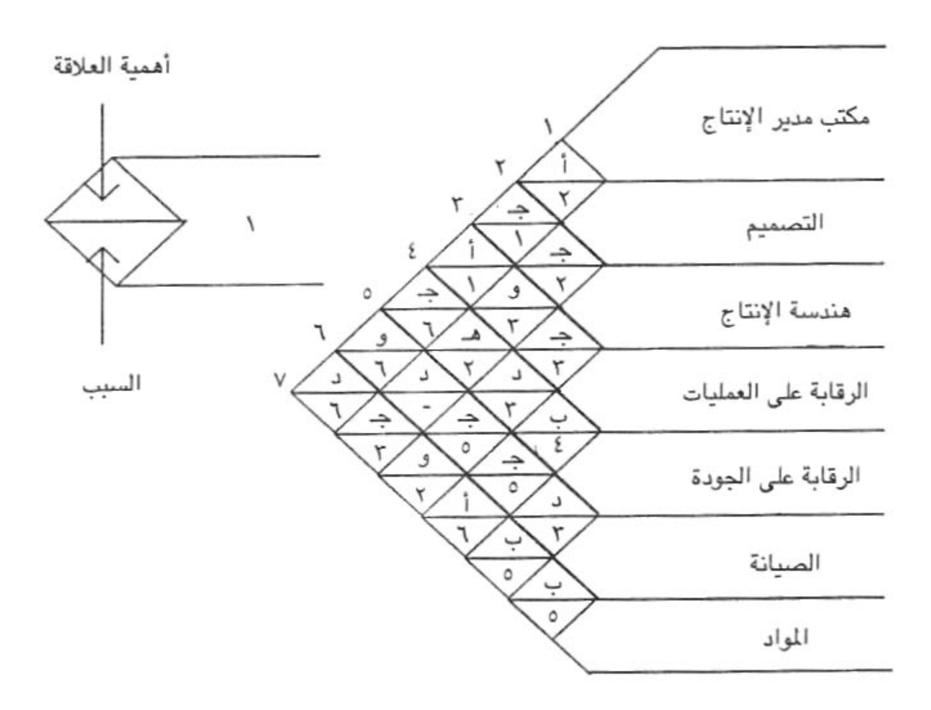
الرمز	تقييم القرب
أ	ضرورى بشكل مطلق
ب	مهم جداً
جـ	مهم
د	قرب اعتيادى
هـ	غير مهم
و	ليس مرغوباً

(ب) سبب قرب الأقسام

الرمز	سبب القرب
١	تكرار الاستخدام
٢	أهمية عالية للاتصال
٣	استخدام معدات مشتركة
٤	مقاسمة نفس المكان
٥	استخدام سجلات مشتركة
٦	انسياب المعلومات

وبعد دراسة وتقييم العلاقات بين الأقسام وفى ضوء المناقشة مع الأقسام المعينة ؛ تم تنظيم مخطط العلاقات بين الأقسام كما فى الشكل رقم (٤-٢٤) .

الشكل رقم (٤-٢٤) : مخطط العلاقات بين الأقسام



وكان الموقع المتاح لدى المصنع لهذه الأقسام كما مبين فى الشكل رقم (٤-٢٥) .

المطلوب : تحديد الترتيب الأفضل لهذه الأقسام بالاعتماد على الأهمية النسبية لقرب الأقسام .

الشكل رقم (٤-٢٥) : الموقع المتاح فى المصنع

<table>
<tr><td colspan="2">(١)</td><td colspan="1">(٢)</td><td colspan="2">(٣)</td></tr>
<tr><td>(٤)</td><td>(٥)</td><td>(٦)</td><td>(٧)</td></tr>
</table>

الحل :

يمكن تقييم علاقات القرب بين الأقسام بالاعتماد على مخطط العلاقات و استخدام الطريقة التجريبية . يمكن التوصل إلى الترتيب الأفضل الذى يلبى حاجات القرب وأسبابه . والشكل رقم (٤-٢٦) يمثل الترتيب الأفضل .

الشكل رقم (٤-٢٦) : الترتيب الأفضل للأقسام

<table>
<tr><td colspan="2">التصميم</td><td colspan="2">مدير الإنتاج</td><td colspan="2">هندسة الإنتاج</td></tr>
<tr><td>المواد</td><td colspan="2">الرقابة على الجودة</td><td colspan="2">الرقابة على العمليات</td><td>الصيانة</td></tr>
</table>

هل بالإمكان تحسين الترتيب المقترح فى ضوء المعلومات التى يوفرها محلل العلاقات .

٤-٩- استخدام الحاسبة فى التنظيم الداخلى :

إن استخدام الحاسبة فى التنظيم الداخلى يكون فى المرحلة الأخيرة ، أى فى مرحلة ترتيب مواقع الأقسام ، فمن الواضح أن التشكيلات الممكنة تتزايد بشكل كبير جداً مع تزايد عدد الأقسام ؛ مما يجعل من غير الممكن تجريب جميع هذه الترتيبات أو التشكيلات الممكنة ، فمثلاً عند وجود (٦) أقسام ؛ فإن هناك (٦!) = ٧٢٠ تشكيلاً ممكناً ، وإذا ما ازداد عدد الأقسام إلى (١٠) أقسام ؛ فهذا يعنى أن هناك (١٠!=٣٦٢٨٨٠٠) تشكيل ممكن ، ومثل هذا العدد من الترتيبات الممكنة للأقسام يوضح الصعوبة الكبيرة والجهود المرهقة والوقت الطويل المطلوب لتجريب هذا العدد واحتساب مساحته وكلفته الكلية من أجل اختيار الترتيب الأفضل للأقسام ؛ لهذا يصبح استخدام الحاسبة مسألة ضرورية لقدرتها الفائقة على معالجة هذه المشكلة ؛ حيث وصل عددها أكثر من (٨٠) برنامجاً فى الوقت الحاضر وأهم هذه البرامج هى :

- خوارزمية كرافت : أسلوب التخصيص النسبى للتسهيلات بالحاسبة (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique) .

- برنامج الديب : برنامج التصميم المؤتمت للتنظيم الداخلى (Automated Layout Design Program) .

- برنامج كورلاب : تخطيط علاقات التنظيم الداخلى بالحاسبة (Computerized Relationship Layout Planning) .

- برنامج بريب : رزمة إعادة التنظيم الداخلى و التقييم للمصنع (Plant Relayout and Evaluation Package) .

ونعرف فيما يأتى لأحد هذه البرامج و هو خوارزمية كرافت ؛ نظراً لأهميتها وتمثيلها للفكرة الأساسية لهذه البرامج مع عرض موجز لبقية البرامج .

أولاً - خوارزمية كرافت (CRAFT Algorithm) :

إن هذه الخوارزمية هى أداة تجريبية للتوصل إلى الترتيب الأفضل بمساعدة الحاسبة ، وقد تم تطويرها من قبل (أرمور و بوفا G.C.Armour and E.S.Buffa) فى عام ١٩٦٣ ، وهى لا تحقق بالضرورة الحل أو الترتيب الأمثل ؛ لأن السمة الأساسية للخوارزميات التجريبية هو أنها تحقق الحل أو الترتيب المعقول الذى قد يتطلب التحسين اللاحق له جهوداً كبيرة غير مبررة اقتصادياً ، إن مدخلات كرافت تتمثل فى مصفوفة كلفة الحركة بين الأقسام ووجود خطة أولية للتنظيم الداخلى ، وهذه الخطة قد تكون هى الترتيب الحالى المعتمد فى المصنع ، و فى حالة المصنع الجديد يتم تحديد هذه الخطة اختيارياً ، كما أن هذه الخوارزمية تقوم على افتراضين هما أن الحركة بين الأقسام تكون بخطوط مستقيمة بين مراكز الأقسام ، واحتساب الكلفة لكل التشكيلات لأخذ الترتيب ذى الكلفة الأدنى ؛ ليكون هو ترتيب البداية ومواصلة المبادلات ، وهكذا حتى يتم التوصل إلى الترتيب الأفضل من كل التشكيلات الممكنة .

ومن مزايا هذه الخوارزمية الحاسباتية هى قدرتها على حل مشكلات الترتيب فى حالة وجود (٤٠) قسماً أو مركز عمل ، وإمكانية استخدامه فى الشركات الصناعية وغير الصناعية ، فكما يشير (بوفا E.S.Buffa) نفسه فقد استخدمت فى شركات

السيارات والحاسبات والمصانع والإستديو والمستشفى ؛ مما يجعل منه ذا استخدام واسع ، كما أن هناك ميزة أخرى تتمثل فى إمكانية خفض عدد الترتيبات الممكنة كما هو فى حالة عدم استخدام كل التشكيلات الممكنة ، وإنما باستخدام التشكيلات المحدودة للمبادلات البينية بين قسمين أو ثلاثة أقسام ، فمثلاً فى حالة وجود (١٠) أقسام ؛ فإن التشكيلات الممكنة الكلية هى (١٠! =٣٦٢٨٨٠٠) تشكيل ، وباستخدام المبادلات البينية بين اثنين من الأقسام ؛ فإن عدد التشكيلات سيكون فى كل مرة (٤٥) تشكيلاً ، وهذا يمكن تفسيره بأن التخفيض مع (ن) من الأقسام ، وإذا كان (و) من الأقسام متبادلة بالموقع ؛ فإن مجموع التشكيلات الممكنة (م) فى هذه الحالة يحسب وفق المعادلة الآتية :

$$\text{م}_{\text{و}}^{\text{ن}} = \frac{\text{ن}!(\text{و}-١)}{\text{و}!\,(\text{ن}-\text{و})!} \quad \text{.................................} \quad (٤-٣)$$

و باستخدام المعادلة :

$$\text{م}_{٢}^{١٠} = \frac{١٠!\,(٢-١)}{٢!\,(١٠-٢)!} = \frac{١٠!}{٢!\,(٨)!}$$

$$\text{م}_{٢}^{١٠} = \frac{١٠ \times ٩ \times ٨}{٢\,(٨)!} = \frac{٩٠}{٢} = ٤٥ \text{ تشكيلاً .}$$

وفى حالة استخدام المبادلات البينية بين ثلاثة أقسام ؛ فإن عدد التشكيلات الممكنة يكون :

$$\text{م}_{٣}^{١٠} = \frac{١٠!\,(٣-١)}{٣!\,(١٠-٣)!} = \frac{١٠!\,(٢)}{٦(٧!)}$$

$$= \frac{١٠ \times ٩ \times ٨ \times ٧!\,(٢)}{٦\,(٧)!} = \frac{١٤٤٠}{٦} = ٢٤٠ \text{ تشكيلاً .}$$

كما يلاحظ سابقًا أن المبادلات البينية يمكن أن تساهم فى التقليص الكبير فى عدد التشكيلات ؛ حيث إن هذه المبادلات فى حالات كثيرة تكون مسألة واقعية كما هو الحال فى ترابط عدة أقسام مع بعضها بحيث إن موقعها من بعض يكون متبادلاً أو فى حالة تثبيت مواقع الأقسام لضرورة تعلق بالبناء أو التصميم أو التعاقب المنطقى للعمليات .

إن الخطوات الأساسية لخوارزمية (كرافت CRAFT) هو :

١- تحديد بيانات المدخلات (عدد الأقسام ، شكل البناء ، المسافات ، عدد النقلات) والترتيب الأولى للأقسام .

٢- احتساب أو تقدير كلفة المخرجات (العلاقة الخطية بين المسافة والكلفة) والمعلومات المرغوبة الأخرى .

٣- احتساب التشكيلات أو الترتيبات الممكنة و اختيار أحد الترتيبات ذى الكلفة الأدنى .

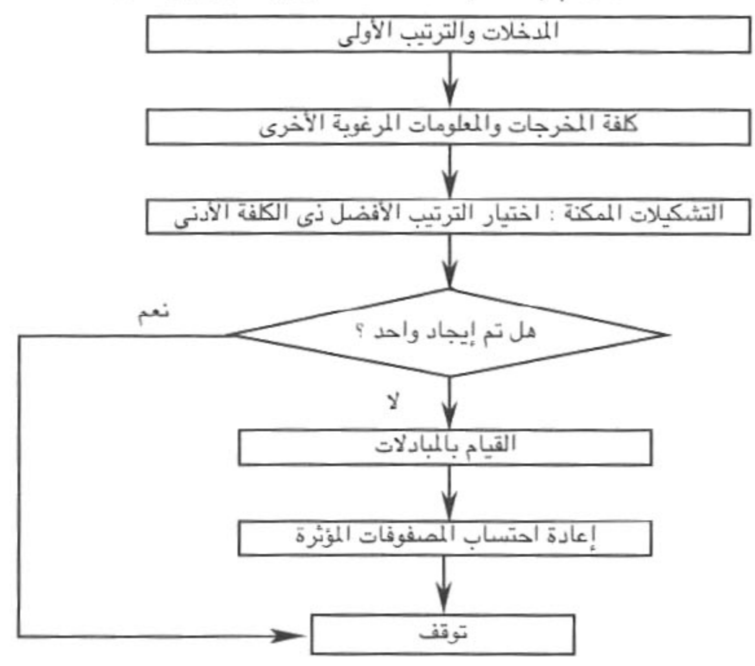
٤- فى حالة إيجاد الترتيب الأفضل يتم التوقف ، و فى حالة عدم ملاءمة الترتيبات الممكنة المحسوبة يتم القيام بالمبادلات بين الأقسام .

٥- إعادة احتساب المصفوفات الخاصة بالمسافات و الكلف .

٦- إعادة الخطوتين (٢) و (٤) و هكذا .

٧- إن الشكل رقم (٤-٢٧) يوضح خطوات انسياب خوارزمية كرافت . وإن المثال التالى يوضح الجوانب العملية فى استخدامها فى حالة وجود ثلاثة أقسام وفى عمليات التجميع لثلاثة منتجات والمناولة فيما بينها.


الشكل رقم (٤-٢٧) : مخطط انسيابى لخوارزمية كرافت



مثال (٤-٢) :

شركة الهلال الصناعية لديها موقع ذو ثلاثة أقسام هى (ك ، ل ، ن) ، و كانت المسافة بينها بالأمتار كما مبين فى الجدول التالى ، وقد استخدمت الشركة الموقع ثلاثة فى (٣،٢،١) و كانت كلف النقل للمواد الأسبوعية لكل وحدة مسافة بين عمليات التجميع كما مبين فى الجدول .

المسافة بين الأقسام وكلفتها

أ : المسافة بالأمتار

من \ إلى	ك	ل	ن
ك	–	٢٥٠	٢٠٠
ل	١٥٠	–	١٨٠
ن	٢٠٠	١٢٠	–

ب : كلفة مناولة المواد لوحدة المسافة (متر)

من \ إلى	١	٢	٣
١	–	٤٠	٩٠
٢	٣٠	–	٧٠
٣	٦٠	٥٠	–

وإذا كانت الشركة تعتمد الترتيب الحالى بأن يتم تجميع الجزء (١) فى القسم (ك) ، و الجزء (٢) فى القسم (ل) ، و الجزء (٣) فى القسم (ن) ، ثم يتم نقله إلى الأقسام الأخرى . مع ملاحظة أن بالإمكان البدء بأى ترتيب آخر فى هذه الطريقة ، ويمكن احتساب الكلفة الأسبوعية لنقل الأجزاء بين الأقسام من الجدولين السابقين كما فى الجدول التالى .

كلفة مناولة المواد

إلى / من	ك ١	ل ٢	ن ٣
١	–	١٠٠٠٠	١٨٠٠٠
٢	٤٥٠٠	–	١٢٦٠٠
٣	١٢٠٠٠	٦٠٠٠	–

ويمكن حساب أرقام الجدول باستخدام المصفوفات كالآتى :

$$\begin{vmatrix} ١٨٠٠٠ & ١٠٠٠٠ & - \\ ١٢٦٠٠ & - & ٤٥٠٠ \\ - & ٦٠٠٠ & ١٢٠٠٠ \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} ٩٠ & ٤٠ & - \\ ٧٠ & - & ٣٠ \\ - & ٥٠ & ٦٠ \end{vmatrix} X \begin{vmatrix} ٢٠٠ & ٢٥٠ & - \\ ١٨٠ & - & ١٥٠ \\ - & ١٥ & ٢٠٠ \end{vmatrix}$$

الكلفة الكلية = ٦٣١٠٠ دينار .

وباستخدام كرافت فإننا نقوم بمبادلة مواقع العمليات ، ونبدأ بالعملية (١) ؛ فتكون لدينا المبادلات الثلاث الآتية :

المبادلة الأولى : ك-١، ل-١، ن-٢ ، المبادلة الثانية : ك-٣، ل-٢، ن-١، المبادلة الثالثة : ك-١، ل-٣، ن-٢ . و من ثم احتساب الكلفة الكلية لكل من هذه المبادلات الثلاث ؛ فنحصل على النتائج كما تظهر فى الجدول التالى .

الكلفة الكلية للمبادلات

المبادلات	الأقسام			الكلفة الكلية
	ك	ل	ن	
الترتيب الحالى	١	٢	٣	٦٣١٠٠
المبادلة (١)	٢	١	٣	٦٠٩٠٠
المبادلة (٢)	٣	٢	١	٦٣٢٠٠
المبادلة (٣)	١	٣	٢	٦٢٩٠٠

من الجدول السابق نأخذ أفضل نتيجة (أدنى كلفة) ، وهى المبادلة الأولى بكلفة كلية (٦٠٩٠٠) دينار ؛ ليكون هو الترتيب الجديد ، ونستمر بإجراء المبادلات من جديد بأخذ التشكيلين المتبقيين (لأن مجموع التشكيلات الممكنة هى ٣! = ٦ ، و قد حسبنا حتى الآن ٤ تشكيلات) ، والجدول يوضح حساب الكلفة الكلية لهما .

الكلفة الكلية الباقية للمبادلات

	الأقسام			الكلفة الكلية
	ك	ل	ن	
الترتيب الحالى	٢	١	٣	٦٠٩٠٠
المبادلة (٤)	٣	١	٢	٦٣٣٠٠
المبادلة (٥)	٢	٣	١	٦٠٦٠٠
المبادلة (٣)	١	٣	٢	٦٢٩٠٠

ويلاحظ أن الكلفة الكلية الأدنى تحقق فى المبادلة (٥) و هى (٦٠٦٠٠) دينار ، وهذا الترتيب (ك-٢) (ل-٣) (ن-١) يؤدى إلى اقتصاد بكلفة المناولة أسبوعيًا مقداره (٦٣١٠٠-٦٠٦٠٠=٢٥٠٠ دينار) ، و تحقيق المزيد من الفائدة . نورد كيفية احتساب الكلفة الكلية للمبادلات الخمس كما فى الجدول التالى .

المبادلات الخمس

المبادلة (١)

	١	٢	٣
ك	–	٣٠ X ٢٥٠	٧٠ X ٢٠٠
ل	٤٠ X ١٥٠	–	٩٠ X ١٨٠
ن	٥٠ X ٢٠٠	٦٠ X ١٢٠	–

الكلفة الكلية = ٧٥٠٠ + ١٤٠٠٠ + ٦٠٠٠ + ١٦٢٠٠ + ١٠٠٠٠ + ٧٢٠٠ = ٦٠٩٠٠ دينار .

المبادلة (٢)

	٣	٢	١
ك	–	٥٠ X ٢٥٠	٦٠ X ٢٠٠
ل	٧٠ X ١٥٠	–	٣٠ X ١٨٠
ن	٩٠ X ٢٠٠	٤٠ X ١٢٠	–

الكلفة الكلية = ١٢٥٠٠ + ١٢٠٠٠ + ١٠٥٠٠ + ٥٤٠٠ + ١٨٠٠٠ + ٤٨٠٠ = ٦٣٢٠٠ دينار .

المبادلة (٣)

	١	٣	٢
ك	–	٩٠ X ٢٥٠	٤٠ X ٢٠٠
ل	٦٠ X ١٥٠	–	٥٠ X ١٨٠
ن	٣٠ X ٢٠٠	٧٠ X ١٢٠	–

الكلفة الكلية = ٢٢٥٠٠ + ٨٠٠٠ + ٩٠٠٠ + ٩٠٠٠ + ٦٠٠٠ + ٨٤٠٠ = ٦٢٩٠٠ دينار .

المبادلة (٤)

	٣	١	٢
ك	–	٦٠ X ٢٥٠	٥٠ X ٢٠٠
ل	٩٠ X ١٥٠	–	٤٠ X ١٨٠
ن	٧٠ X ٢٠٠	٣٠ X ١٢٠	–

الكلفة الكلية = ١٥٠٠٠ + ١٠٠٠٠ + ١٣٥٠٠ + ٧٢٠٠ + ١٤٠٠٠ + ٣٦٠٠ = ٦٣٣٠٠ دينار .

المبادلة (٥)

	٢	٣	١
ك	–	٧٠ X ٢٥٠	٣٠ X ٢٠٠
ل	٥٠ X ١٥٠	–	٦٠ X ١٨٠
ن	٤٠ X ٢٠٠	٩٠ X ١٢٠	–

الكلفة الكلية = ١٧٥٠٠ + ٦٠٠٠ + ٧٥٠٠ + ١٠٨٠٠ + ٨٠٠٠ + ١٠٨٠٠ = ٦٠٦٠٠ دينار .

إن المثال السابق لا يتطلب حسابات كثيرة ومرهقة ، إلا أن ازدياد عدد الأقسام والعمليات يؤدى إلى تزايد سريع بدرجة كبيرة فى عدد التشكيلات الممكنة ؛ مما يجعل من غير الممكن يدوياً احتساب جميع هذه التشكيلات ؛ لهذا فإن برنامج كرافت على الحاسبة يسهل هذه العمليات ؛ حيث إنه مصمم لتحديد الترتيب الأفضل فى حالة وجود (٤٠) قسماً ؛ لهذا فإنه صالح للاستخدام فى الشركات الصغيرة و المتوسطة و الكبيرة ، إلا أن هذا لا يعنى أنه بدون عيوب أو ملاحظات تؤخذ عليه ، وبعض هذه الملاحظات ذات أهمية كبيرة ، ونورد فيما يأتى الملاحظات الأساسية على كرافت :

١- إن المسافات محسوبة بين مراكز الأقسام (نقطة فى وسط القسم) ، وهذا غير واقعى خاصة إذا كانت مواقع الأقسام مستطيلة الشكل .

٢- إن أشكال الأقسام الناتجة قد لا تكون ملائمة للعمليات المطلوب إنجازها .

٣- إن التنقلات بين الأقسام كما تفترض خوارزمية كرافت يجب أن تكون محددة ومعلومة ، ولكن فى ظروف الإنتاج حسب الطلب و تغير الإنتاج ؛ فمن غير الممكن التحديد المسبق لهذه التنقلات .

٤- لأن الحد الأدنى لكلفة مناولة المواد اعتمد كدالة هدف ؛ فإن أقسام الإنتاج فقط تؤخذ بالاعتبار عادة ، أما الأقسام الخدمية والمساعدة ؛ فقد استبعدت لعدم وجود أى انسياب للإنتاج منها وإليها .

٥- لأن الترتيب الأولى للأقسام يكون مطلوباً ؛ فإن كرافت تطبق فقط لتعديل التنظيم الداخلى الحالى الموجود ، أو لتخطيط التنظيمات الداخلية الجديدة ؛ حيث يكون الشكل العام للتنظيم الداخلى معلوماً .

٦- إن كلفة مناولة المواد تحسب وفق علاقة خطية مع المسافات المنقولة ، ولكن فى حالات عديدة قد تكون المسافة والعامل وخصائص المنتوج تحدد طرق النقل وبالتالى كلفته .

٧- إن كرافت مصمم للتعامل مع (٤٠) قسماً ، وهذا يعنى عدم ملاءمته عند وجود عدد أقسام أكبر من (٤) أقسام .

ثانيا - برنامج كورلاب (CORELAP) :

هو برنامج تخطيط علاقات التنظيم الداخلى بالحاسبة ، وقد طوره فى عام ١٩٦٧م (لى و مور R.C.Lee and J.M.Moore) ، وهذا البرنامج يمكن أن يتعامل مع مصنع ذى (٤٥) قسمًا ، ويقوم عمل البرنامج على أساس تحديد الجهة المستفيدة لحجوم الأقسام و نسبة الطول إلى العرض لهيكل البناء لتطوير التنظيم الداخلى ، وهناك خمسة مستويات لتقييم القرب بين الأقسام والبرنامج يسأل عن كل قسم لاحق ، ويدخل فى الترتيب لتحديد مستوى القرب بالعلاقة مع الأقسام الأخرى . و الواقع أن الفكرة الأساسية لهذا البرنامج لا تختلف كثيراً عن بقية البرامج ، وإن كان يختلف عن كرافت فى تقسيمات القرب حسب تفضيل الجهة المستفيدة .

ثالثا - برنامج الديب (ALDEP) :

هو برنامج التصميم المؤقت للتنظيم الداخلى يمكن أن يتعامل مع مصنع ذى (٦٣) قسمًا ، وقد تم تطويره عام ١٩٦٧م فى (IBM) من قبل (سيهوف و إيفان Seehef and Evans) ، وهذا البرنامج مثل كرافت يستخدم فقط المعيار الكمى فى مشكلات التنظيم الداخلى ، وأن مدخلاته تضم مصفوفة العلاقات و مجموعة القيود مثل : حجم البناء ، المواقع الثابتة للأقسام و بين السلم ... إلخ ، وهو يبدأ باختيار عشوائى لأحد الأقسام ووضعه فى خطة التنظيم الداخلى و البحث عن قسم أو أقسام ذات علاقة قوية به ، وتستمر العملية حتى الانتهاء من جميع الأقسام ، وهذا البرنامج يفيد فى التنظيمات الداخلية المتعددة صعوداً إلى (٣) طوابق .

رابعا - برنامج بريب (PREP) :

هو رزمة إعادة التنظيم الداخلى والتقييم للمصنع ، ويمكن أن تتعامل مع مصنع ذى (٩٩) قسمًا فى وقت واحد ، و يحلل الأبنية ذات الطوابق المتعددة فى حساباته على عدد الأقدام أو الأمتار المنقولة فعليًا بمعدات مناولة المواد بدلاً من المسافات المباشرة والمحددة بين مراكز الأقسام .

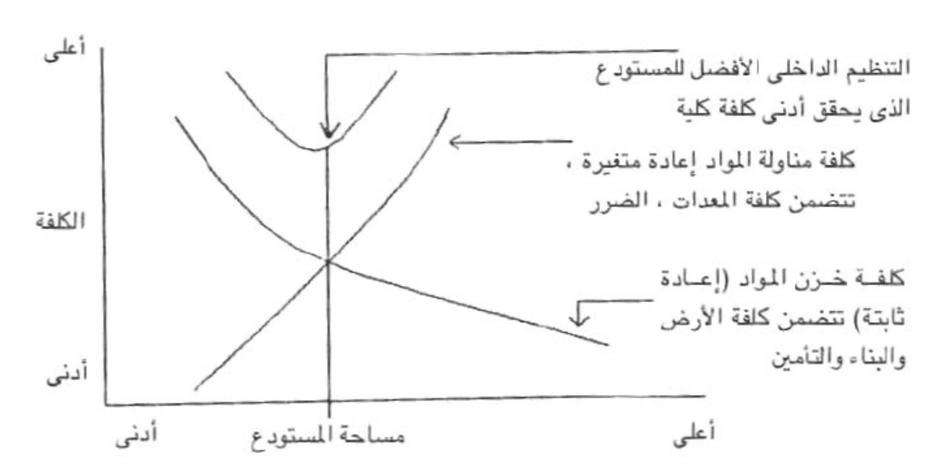
إن هذه البرامج وغيرها الكثير مفيدة فى معالجة مشكلات التنظيم الداخلى والتوصل إلى الترتيب الأفضل لأقسامه ، إلا أن كل واحد منها يتم بخصائص و مزايا تجعله أكثر فائدة فى حالات معينة ، ومن الضرورى الإشارة إلى أن هذه البرامج ثنائية الأبعاد ، والخبرة العملية تشير إلى أن (كرافت CRAFT) يحقق المعالجة الناجحة فى الحالات ذات البعدين ، وأن المعالجة الناجحة للحالات ذات الأبعاد الثلاثة يمكن تحقيقها من خلال برنامج (SPACE CRAFT) الذى تم تطويره لاحقًا .

٤-١٠- التنظيم الداخلى للمستودعات :

إن المستودعات والمخازن شأنها شأن المصانع بحاجة إلى ترشيد التنظيم الداخلى للمواد و الأجزاء ؛ بما يحقق الهدف الأساسى للتنظيم الداخلى فيها و هو الكلفة الأدنى لمناولة المواد ، إلا أن العامل المهم الآخر الذى يجب مراعاته فى المستودعات يتمثل فى الحيز المكانى للمستودعات ، و الواقع أن التنظيم الداخلى الجيد للمستودعات هو الذى يحقق المبادلة المثلى بين كلفة مناولة المواد وحيز المستودع ؛ فالإدارة تسعى إلى تحقيق الاستغلال الأفضل للحيز الكلى للمستودع مع المحافظة على أدنى كلفة مناولة للمواد ، و الشكل رقم (٤-٢٨) يوضح المبادلة بين كلف مناولة المواد (وهى مجموع الكلف المتعلقة بالنقل عند الإدخال و الإخراج للمواد و ما يرتبط بذلك و هى كلفة متغيرة) و كلفة الخزن (وهى الكلفة التى ترتبط بالحيز مثل كلفة الأرض و البناء و التأمين و هى كلفة ثابتة ـــ متناقصة مع ازدياد مساحة المستودع التى تسمح بمناولة أفضل ؛ مما يخفض كلفة المناولة) .

إن الشكل رقم (٤-٢٨) يوضح أيضًا أن التنظيم الداخلى الأفضل للمستودع هو الذى يحقق أدنى كلفة كلية لكلا النوعين من الكلف و هذا يتحقق بيانيًا .

جدول رقم (٤-٢٨) : مبادلة كلفة المناولة / الخزن



٤-١١ - التنظيم الداخلى فى الخدمات :

إن قطاع الخدمات هو قطاع المستقبل ؛ حيث إن الشركات الخدمية أخذت بالتنوع و الازدياد ؛ مما يعنى أن الخدمات أخذت تستحوذ على أكبر نسبة من الاستثمار والقوى العاملة ، و كذلك أكبر نسبة من المساهمة فى الناتج المحلى الإجمالى ؛ لهذا فإن إدارة العمليات تولى عناية كبيرة بالشركات غير الصناعية ، وهى فى هذا المجال تحاول أن تستفيد من المفاهيم و الطرق المستخدمة فى الشركات الصناعية من أجل تطبيقاتها فى الشركات غير الصناعية ، وهذا التوجه ينطبق على التنظيم الداخلى .

ويمكن القول إن التنظيم الداخلى الوظيفى (على أساس العملية) هو نمط التنظيم الداخلى المتبع فى الشركات الخدمية ؛ ففى البنوك نجد أن أقساماً متخصصة بالحسابات الجارية ، الودائع ، الاستثمارات ، القروض طويلة الأمد أو قصيرة الأمد .. إلخ ، وفى المستشفيات نجد الحالة نفسها فى أقسام متخصصة : الباطنية ، أمراض القلب ، المفاصل و العظام ، العيون .... إلخ ، وهذا التنظيم قد ينسجم مع طبيعة الخدمات التى تقوم حسب حاجات الزبون ، إلا أن الكثير من الخدمات و بفعل الطلب الواسع قد جعل هذا النوع من التنظيم غير ملائم ؛ فالخدمة السريعة مثل مطاعم الوجبات السريعة

وخدمة شركات الطيران فى المطارات تشبه الإنتاج الواسع - بحاجة إلى التنظيم الداخلى على أساس المنتوج لضمان السرعة و الانسياب الكفء فى تقديم الخدمة .

لهذا فإن الخدمات القياسية يمكن أن تمثل الخدمة الملائمة لاعتماد التنظيم الداخلى الخطى (على أساس المنتوج) . وأن خط الكافتيريا يمثل نموذجًا للتنظيم الداخلى على أساس المنتوج لنوع من الخدمات القياسية و الشكل رقم (٤-٢٩) يوضح ذلك .

ومن الجدير بالذكر أن الشركات الصناعية أخذت تواجه نقدًا متزايدًا للتنظيم الداخلى على أساس المنتوج ؛ لأنه بقدر ما يتسم بعدم المرونة ، فإنه يبتعد عن الزبون وحاجاته المتميزة ، فى حين نجد أن الشركات الخدمية و التى تعانى تقليدًا من ضعف الكفاءة بسبب صعوبة القياس و السيطرة على الخدمات التى تحتاج إلى اتصال مباشر بالزبون ، هذه الشركات أخذت تميل أكثر فأكثر ؛ من أجل رفع الكفاءة إلى تحويل خدماتها إلى خدمات قياسية و تقديمها من خلال التنظيم الداخلى الخطى (أى على أساس المنتوج) ، وهذا ما يجعل الفترة القادمة فترة مهمة فى إنضاج مفاهيم و نظرة جديدة فى مجال التنظيم الداخلى فى الخدمات .

الشكل رقم (٤-٢٩) : خط الكافتيريا



٤-١٢- توازن الخط الإنتاجى :

يعتبر توازن الخط الإنتاجى من المشكلات الأساسية التى تواجه نظام الإنتاج المستمر ، وبالتالى التنظيم الداخلى على أساس المنتوج ، و هذه المشكلة تبرز بسبب وجود علميات إنتاج متعددة متباينة فى أوقات إنجازها ؛ مما يجعل تدفق المواد يواجه مشكلة الاختناق (Bottleneck) فى العمليات التى تتطلب وقتًا أطول لإنجازها ،

ومشكلة الوقت العاطل فى العمليات التى تتطلب وقتًا أقصر لإنجازها نتيجة للتقسيم غير المتكافى للعمليات أو المهام على مراكز العمل ؛ ولهذا يمكن تعريف توازن الخط بأنه عملية جعل الاختناق و الوقت العاطل بالحد الأدنى فى الخط الإنتاجى كله ، كما قد يعرف أيضًا بأنه عملية ربط العمليات فى أدنى عدد من مراكز العمل ؛ لكى يكون الوقت العاطل بالحد الأدنى فى الخط كله .

إن معالجة توازن الخط يمكن أن تساعد على الإجابة عن أسئلة مهمة مثل : كم محطة أو مركز عمل يجب أن يكون فى الصنع ؟ و كيف يجب تخصيص العمليات المطلوبة على مراكز العمل الموجودة ؟ و هل التدفق التشغيلى سيكون جيد التوازن ، أى يحقق الاستغلال الكامل للوقت الكلى لمراكز العمل مع أدنى وقت عاطل ؟ إن الإجابة عن هذه الأسئلة تعتمد على معدل المخرجات المطلوب و قيود الأسبقية و أوقات العمليات ، و لا شك فى أن الهدف هو تحقيق التوازن الكامل ، حيث مراكز العمل بدون أى وقت عاطل ، و لكن هذه الحالة المثالية نادرًا ما تحدث لأسباب عديدة سنتحدث عنها فى فقرة لاحقة ؛ لهذا فإن المصانع تميل إلى تبنى الحالة الواقعية الأفضل التى تحقق الترابط الملائم للعمليات لإنجازها وفق التعاقب الممكن و بأدنى وقت عاطل ، وفى هذه الحالة فإن الوقت العاطل فى بعض مراكز العمل يمكن أن يستخدم لراحة العامل و لغرض الصيانة أو لتكوين مخزون مؤقت تحت التشغيل فى بعض الأحيان ، وهناك طرق عديدة تستخدم لتحقيق توازن الخط الإنتاجى ، و نفرض فيما يأتى الطريقتين : الطريقة التجريبية (المحاولة والخطأ) ، طريقة الوزن الموضعى الترتيبى .

أولاً – الطريقة التجريبية :

إن هذه الطريقة تعتمد على تقسيم الخط الإنتاجى إلى عمليات أو مهام و إعادة تجميعها فى مراكز عمل ؛ حيث إن الوقت المطلوب لإنجاز العملية أو العمليات المجمعة فى كل منها لا يتجاوز وقتًا محددًا يدعى وقت الدورة ، و يمكن أن نحرر الخطوات الأساسية لهذه الطريقة كالآتى :

١- تحديد العمليات المكونة للخط الإنتاجى و المطلوب لإنتاج المنتوج .

٢- تحديد مقدار الوقت المطلوب لإنجاز كل عملية .

٣- تحديد علاقات الأسبقية لكل عملية ، أى تحديد ما هى العملية التى تنجز قبل أن تنجز عملية معينة .

٤- احتساب وقت الدورة المستهدف ، حيث يمكن احتساب وقت الدورة (و د) وفق المعادلة الآتية :

و د = مج و ع\ن .... (٤-٤)

حيث و د= وقت الدورة .

مج و ع = مجموع أوقات العمليات .

ن = العدد الصحيح لمراكز العمل .

كما يمكن احتساب وقت الدورة وفق المعادلة الآتية أيضاً :

ود= م ج \ و ت .... (٤-٥)

حيث م ج = معدل المخرجات فى اليوم أو الأسبوع ... إلخ .

و ت = الوقت المتاح فى اليوم أو الأسبوع ..... إلخ .

٥- فى حالة عدم تحديد العدد المستهدف لمراكز العمل ، يمكن تحديد العدد الأدنى النظرى لمراكز العمل وفق الصيغة الآتية :

ع(أدنى) = مج وع \ ود .... (٤-٦)

حيث ن (أدنى) = العدد الأدنى النظرى لمراكز العمل .

٦- احتساب كفاءة التوازن أو نسبة استغلال الخط الإنتاجى وفق الصيغة الآتية :

$$\text{ك (٪)} = \frac{\text{مج و غ}}{\text{ود X ن (أدنى)}}$$ .... (٤-٧)

حيث ك = كفاءة التوازن

و اعتماداً على المعادلة السابقة ؛ يمكن احتساب نسبة الوقت العاطل كالآتى :

و ط (٪) = ١- ك

حيث و ط = الوقت العاطل الكلى فى الخط .

٧- تخصيص العمليات على مراكز العمل وفق قواعد تجريبية يمكن أن تقود إلى الحل الأفضل الذى حقق أدنى وقت عاطل . هناك طريقة بسيطة فى عملية التخصيص هى اختيار العمليات بالتعاقب الذى تظهر فيه فى الخط وجمعها فى مراكز العمل مع مراعاة أن يكون وقت العمليات المجمعة فى أى مركز عمل أقل من أو يساوى وقت الدورة ، و عند استنفاذ وقت الدورة فى مركز العمل الأول يتم الانتقال إلى مركز عمل لاحق ، وهكذا حتى تستنفذ كل التخصيصات ، وفى هذه العملية يمكن اتباع بعض القواعد التجريبية مثل :

أ- اختيار العملية ذات الوقت الأكبر الذى يتلاءم مع وقت الدورة (الوقت المتاح لمركز العمل) .

ب - اختيار العملية التى تعقبها عملية أو عمليات تتلاءم عند جمعها مع وقت الدورة .

ج- اختيار العملية التى تسبقها عملية أو عمليات تتلاءم عند جمعه مع وقت الدورة .

وفى عملية التخصيص فإن وقت العملية الذى يكون أكبر من وقت الدورة يكون من الممكن استخدام مركزى عمل لمعالجة هذه الحالة ، وعندما يكون بعض العمليات ذات أوقات صغيرة جداً ؛ فمن الممكن جمع ثلاث عمليات أو أكثر فى مركز عمل واحد . وفى بعض الحالات عندما لا تكون هناك أسباب فنية أو إنتاجية تمنع جمع العمليات ؛ فيكون ممكناً جمع عمليتين غير متعاقبتين فى مركز عمل واحد ، وإن كانت مثل هذه الخطوة غير مفضلة .

و المثال (٤-٣) يوضح هذه الخطوات :

فى الجدول التالى عمليات الخط الإنتاجى و أوقاتها و علاقات التعاقب بينها :

العملية	وقت العملية (دقيقة)	العملية التى تسبق
أ	١٠	-
ب	٢٣	أ
جـ	٥	ب
د	٤	ب
هـ	١٢	أ
و	٣	جـ ، د
ز	٧	و
ح	١١	هـ
ط	٣	ز ، ح

المطلوب :

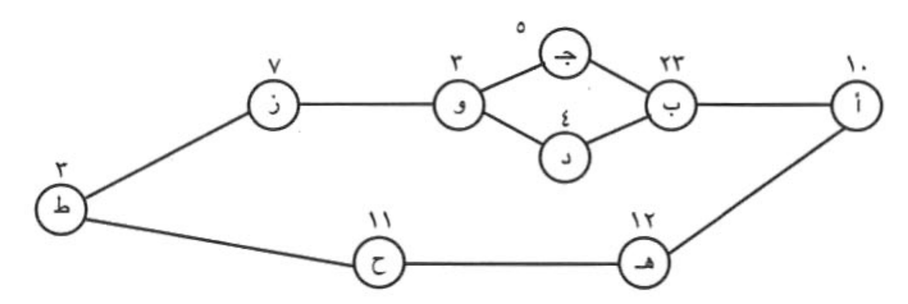
١- رسم المخطط البيانى لتعاقب العمليات .

٢- تحديد العدد النظرى الأدنى لمراكز العمل إذا كان وقت الدورة (١٢) دقيقةً و ملاءمة تخصيص العمليات على مراكز العمل .

٣- احتساب كفاءة التوازن (نسبة الاستغلال) و نسبة الوقت العاطل .

الحـــل :

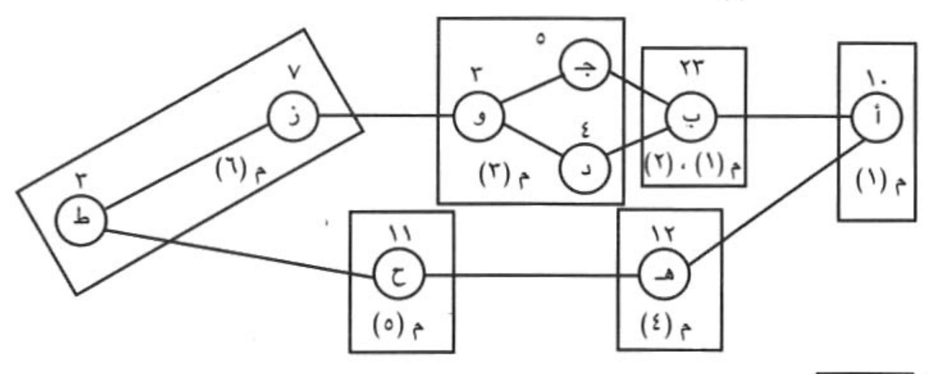
١- المخطط البيانى لعلاقات الأسبقية .



٢- العدد النظرى الأدنى لمراكز العمل ن (أدنى)

مج وع = (٧٨) دقيقة .

ن (أدنى) = $\frac{٧٨}{١٢}$ = ٦,٥ = ٧ مراكز للعمل .



٣- كفاءة التوازن (ك) :

$$ك = \frac{\text{مج وع}}{\text{ود} \times \text{ن (أدنى)}} = \frac{٧٨}{١٢ \times ٧}$$

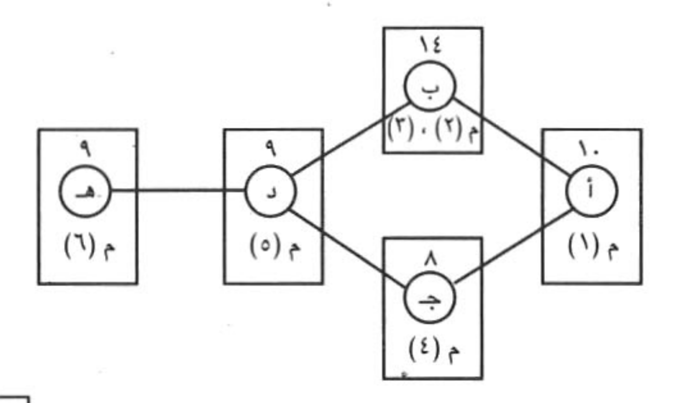
$$= \frac{٧٨}{٨٤} = ٠,٩٢٨ = ٩٢,٨ \%$$

$$و ط = ١-٠,٩٢٨ = ٠,٠٧٢ = ٧,٢ \%$$

من المفيد الإشارة إلى بعض الحالات التى يمكن أن تظهر فى توازن الخط و هى :

١- فى بعض الحالات و لأسباب فنية أو إنتاجية يكون من غير الممكن جمع بعض العمليات معًا ، ومثل هذا الشرط يجب مراعاته عند تخصيص العمليات و توزيعها على مراكز العمل .

٢- فى بعض الحالات يكون من غير الممكن عمليًا الالتزام بالعدد النظرى الأدنى لمراكز العمل بسبب الشروط التى توضع على تخصيص العمليات على مراكز العمل ، أو لأن أوقات العمليات لا تسمح بذلك . فلو افترضنا أن لدينا (٥) عمليات كما مبين فى المخطط البيانى للتعاقب ، و كان وقت الدورة (١٠) دقائق . فى هذه الحالة نجد أن العدد النظرى الأدنى يساوى (٥٠\١٠ = ٥ مراكز عمل) ، فى حين أن العدد الفعلى المطلوب هو (٥) مراكز عمل ؛ لهذا فإن الكفاءة النظرية القصوى تختلف عن الكفاءة الفعلية للتوازن حيث إن :

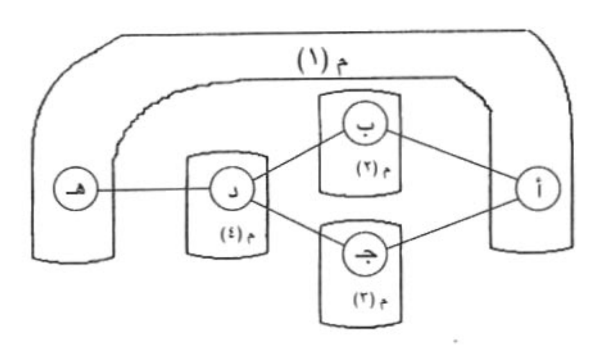


الكفاءة النظرية القصوى = $\frac{٥٠}{٥ \times ١٠}$ = ١ أو ١٠٠٪ (غير ممكنة لعدم ملاءمة أوقات العملية) .

الكفاءة الفعلية للتوازن = ٥٠ \ ١٠ x ٦ = ٠,٨٣ أو ٨٣ ٪ .

عند محاولة التخصيص نجد أن الحاجة عمليًا إلى (٦) مراكز عمل و ليس إلى (٥) كما هو محدد نظريًا ، و يلاحظ أيضًا أن العملية (ب) أخذت مركزى عمل ؛ لأن وقت العملية يتجاوز وقت الدورة ، ومن الواضح أن هذه الحالة تؤدى إلى خفض كفاءة التوازن و زيادة نسبة الوقت العاطل فى الخط .

٣- فى بعض الحالات يكون ممكنًا جمع عمليتين غير متعاقبتين فى مركز عمل واحد ، وقد يعود هذا إلى استخدام آلة متعددة الأغراض أو عامل متعدد المهارات ، و عند ملاءمة شكل التنظيم الداخلى كما فى التنظيم على شكل دائرى أو شكل حرف (U) ؛ مما يساعد على ذلك و يرفع كفاءة التوازن فى الخط و المخطط البيانى للتعاقب التالى يوضح ذلك .



ثانيًا : طريقة الوزن الموضعى الترتيبى (Ranked Positional Weight Method) :

هذه أيضًا من الطرق التجريبية التى تساعد على تحقيق التوازن الأفضل وليس الأمثل ، وخطوات الطريقة هى :

الخطوة الأولى : تحديد الوزن الموضعى لكل عملية ؛ حيث الوزن الموضعى هو عبارة عن وقت العملية مضافًا إلى أوقات العمليات التى تتبعه .

الخطوة الثانية : إعادة ترتيب العمليات بشكل تنازلى حسب أوزانها الموضعية .

الخطوة الثالثة : تحديد وقت الدورة .

الخطوة الرابعة : تخصيص العمليات على مراكز العمل حسب الوقت الموضعى الأعلى ؛ حيث تضاف الأوقات الموضعية إلى بعضها ؛ حتى يستنفذ وقت الدورة فى مركز العمل مع المحافظة على محدد الأسبقية ؛ ليتم الانتقال إلى مركز عمل لاحق حتى تستفيد كل العمليات . و المثال (٤-٤) يطبق هذه الطريقة .

مثال (٤-٤) :

استخدم بيانات المثال السابق (٤-٣) لتحديد العدد الأدنى لمراكز العمل وتخصيص العمليات عليها .

الحل :

العملية	أ	ب	ب	جـ	د	هـ	و	ز	ح	ط
وقت العملية	١٠	١٢	١١	٥	٤	١٢	٣	٧	١١	٣
الوزن الموضعى	٧٨	٦٨	٥٦	٤٥	٤٠	٣٦	٢٤	٢١	١٤	٣
العملية التى تسبق	–	أ	أ	ب	ب	أ	جـ ، د	و	هـ	ز ، ح

احتساب العدد الأدنى لمراكز العمل :

مراكز العمل	العملية	الوقت	الوقت العاطل
١	أ	١٠	٢
٢	ب	١٢	صفر
٣	ب	١١	١
٤	جـ ، د ، و	١٢	صفر
٥	هـ	١٢	صفر
٦	ح	١١	١
٧	ز ، ط	١٠	٢
المجموع		٧٨	٦

يلاحظ أن العدد الأدنى المطلوب من مراكز العمل وفق هذه الطريقة هو نفس العدد المطلوب وفق الطريقة التجريبية السابقة ، و نفس الوقت العاطل .

إضافة إلى هاتين الطريقتين هناك طرق وأساليب تجريبية عديدة أخرى يمكن استخدامها فى تخصيص العمليات على مراكز العمل و من هذه الطرق : الأسلوب التجريبى لـ(كيلبريج و وستر Kilbridge and Wester's Heuristies) و الأسلوب التجريبى لـ(تونك Tong's Heuristics) ، والأسلوب التجريبى لأركوس Arcus's Heuristics) ، والأسلوبان الأخيران من الأنظمة الخبيرة القائمة على استخدام الذكاء الصناعى للتوصل إلى التخصيص الملائم للعمليات على مراكز العمل الموجودة .

٤-١٣- التوازن الكامل للخط الإنتاجى :

كما أشرنا إلى أنه من غير الممكن فى أكثر الأحيان تحقيق التوازن الكامل و ذلك للأسباب الآتية :

أ- من النادر أن تتساوى أوقات العمليات المطلوبة فى الخط .

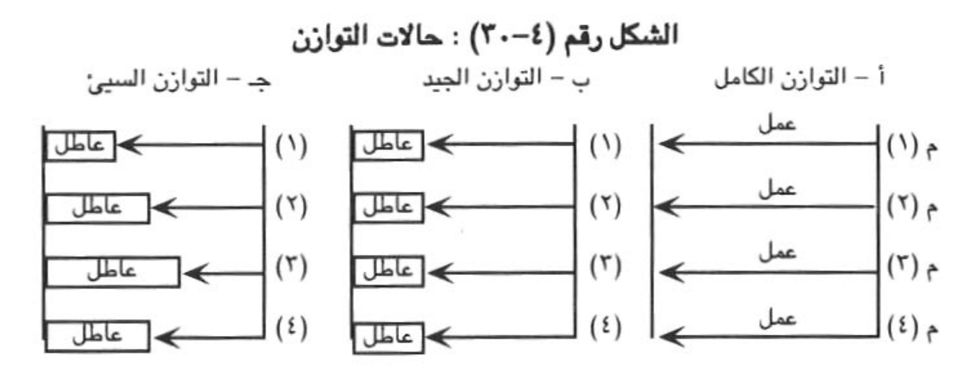
ب- عدم القدرة على تحقيق حزم العمليات أو المهام التى لها نفس الفترة الزمنية ، أى حتى عند محاولة جمع العمليات فى حزم لا تكون متساوية فى الفترة لكى تحقق التوازن الكامل .

ج- فى بعض الأحيان يكون من غير المجدى ربط بعض العمليات فى مركز عمل واحد لتباين طبيعة العمليات ومتطلبات الآلات أو لوجود قيود الأسبقية ؛ مما يمنع تحقيق التوازن الكامل وربما الجيد .

إن الوقت العاطل فى أى مركز عمل يعنى أن هناك توقفًا فى العمل وسعة غير مستغلة ؛ لهذا نجد أن التوازن الكامل يكون هو الهدف الأخير للقائمين بالتصميم للآلات أو لمراكز العمل ، فعندما تكون الآلات المستخدمة التى تحدد الوقت غير متوازنة يتم اللجوء إلى إعادة تصميم الآلات ، و كذلك إلى استخدام أنظمة الإنتاج كاملة الأتمتة التى تمكن من تحقيق التوازن الكامل ، إلا أن تدخل الجهد البشرى يجعل التوازن صعبًا بفعل عوامل عديدة كتباين المهارة ، التباطؤ و التعجيل ، التعب ، وأخطاء العامل ؛

لهذا كله نجد أنه فى الحالات الكثيرة تتم مراعاة هذه العوامل ، و يكون التوازن الجيد و الفعال هو الذى يحقق الاستغلال و تحميل مراكز العمل بنسبة (٩٠٪) ، و دون ذلك التوازن الردىء ، و الشكل رقم (٤-٣٠) يوضح ثلاث حالات :

الشكل رقم (٤-٣٠) : حالات التوازن



٤-١٤- التنظيم الداخلى فى التجربة اليابانية :

لقد أكدت التجربة اليابانية قدرة فائقة على معالجة مشكلات التنظيم الداخلى و تحقيق المزايا المتعددة المرتبطة به ، فإذا كان المدخل التقليدى فى هذا المجال يميل إلى ترجيح تفكير خط الإنتاج الذى يقوم على أفضلية التنظيم الداخلى الخطى (على أساس المنتوج) من أجل تحقيق ميزة الكلفة الأدنى للوحدة ، والتى يمكن أن تعوض فى جذب الزبون خسارة ميزة أخرى هى المرونة فى الإنتاج - فإن المدخل اليابانى يقوم على ترجيع تفكير خط الزبون الذى يقترب من الزبون و حاجاته ، و لكن دون خسارة المزايا الأخرى فى الكلفة والاعتمادية فى الإنتاج ، و ذلك من خلال الاعتماد على التنظيم الداخلى الخلوى و تكنولوجيا المجاميع التى تساعد على الجمع بين مزايا النوعين التقليدين للتنظيم الداخلى على أساس المنتوج و العملية ، و مما يساعد على تحقيق هذه المزايا النوعان التقليديان للتنظيم الداخلى على أساس المنتوج و العملية ، و مما يساعد على تحقيق هذه المزايا نظام إنتاج الوقت المحدد الذى يعمل فى ظروف المخزون الصفرى أو المخزون الأدنى و المناولة الأقل للمواد و الحيز الأدنى لموقع الإنتاج و غيرها مما سنعرض له فى الفصل الحادى عشر .

يمكن أن نشير إلى الخصائص الأساسية للتجربة اليابانية فى مجال التنظيم الداخلى للمصنع وهى كالآتى :

١- إن اليابانيين يميلون إلى اختيار التنظيم الداخلى الذى يحقق مزايا الكفاءة (الانسياب الفعال) و التنوع من خلال التنظيم الخلوى ، فمن خلال خلية الإنتاج يتم إنتاج عائلة منتجات بانسيابية عالية تماثل التنظيم الداخلى الخطى أو على أساس المنتوج ، وهذا ما يجعل اليابانيين و من خلال نظام إنتاج الوقت المحدد (JIT) - فعالين فى تحويل نظام الإنتاج حسب الطلب التقليدى إلى نظام تصنيع عالمى المستوى ، و قد أشار (شرويدر R.G.Schroeder) إلى أن اليابانيين الذين يميلون إلى التنظيم الداخلى المدمج والأكثر كفاءة ، ويستخدمون ثلث المكان المطلوب فى المصنع الأمريكى أو الأوربى .

٢- إن اليابانيين يميلون إلى اختيار التنظيم الداخلى على شكل دائرة صغيرة ، أو ما يدعى خلية مطاردة الأرنب أو خلية على شكل حرف (U) أكثر من استخدام الخطوط المستقيمة فى التنظيم الداخلى . و هذه الأشكال بقدر ما تساهم بتقليص عدد العمال ؛ فإنها تستخدم نمط العمال متعددى المهارات الذين يشغلون قسماً أكبر من داخل الدائرة أو حرف (U) ، وأنها أيضاً وبفعل الثقافة اليابانية التى تشجع استخدام فريق العمل - تجعل العمال ذوى دور أكبر فى معالجة العطلات والمشكلات التى توقف الخط الإنتاجى .

٣- إن كفاءة الخط الإنتاجى تتمثل فى القدرة على استغلال الخط الإنتاجى ، واليابانيون يحققون ذلك من خلال التأثير على وقت الدورة والوقت المسموح لبقاء العمل أو المادة الأولية فى مركز العمل ، و تحسينه لزيادة معدل المخرجات . وكذلك من خلال تكرار إعادة توازن الخط ، و هذا ما تسمح به إستراتيجية التصنيع المتحرك اليابانية التى تقوم على سهولة حركة الآلات وإعادة تنظيمها ، و كما يشير (كراجيوسكى ورتزمان J.Krajewski and B.Ritzman) ، فإن هذه الإستراتيجية تمكن اليابانيين من إعادة توازن الخطوط حوالى (١٢) مرة فى السنة مقابل (٣) مرات فى المتوسط فى الولايات المتحدة .

الأسئلة :

١- ما نوع التنظيم الداخلى الذى يستخدم :

أ - آلات ذات أغراض عامة .

ب - آلات ذات أغراض متخصصة .

٢- قارن بين أنوا ع التنظيم الداخلى من حيث : كلفة الوحدة ، تنوع المنتجات ، الكلفة الثابتة ، نقطة التعادل .

٣- ما هى الأسباب المؤدية إلى الانتقال من :

أ- التنظيم الداخلى على أساس المنتوج إلى التنظيم الداخلى على أساس العملية .

ب - التنظيم الداخلى على أساس العملية إلى التنظيم الداخلى على أساس المنتوج .

ج - التنظيم الداخلى على أساس العملية إلى تكنولوجيا المجاميع و التنظيم الداخلى الخلوى .

٤- ما هى أشكال تكنولوجيا المجاميع ؟ قارن بينها على أساس الكفاءة و تنوع المنتجات .

٥- ماذا نعنى بالمصطلحات الآتية :

أ- عائلة المنتجات . ب- نظام أوبتز (Optiz System) .

جـ- خلية الإنتاج . د- نظام الترميز للأجزاء .

٦- ما هى الأسباب المؤدية إلى استخدام الحاسبة فى مشكلات التنظيم الداخلى ؟

٧- ماذا نعنى بما يأتى :

أ - خوارزمية كرافت (CRAFT Algorithm) .

ب - برنامج كورلاب (CORELAP) .

ج - برنامج الديب (ALDEP) .

٨- فى التنظيم الداخلى للمستودعات يمكن الاعتماد على المبادلة المثلى بين كلفة المناولة للمواد و حيز المستودع ، وضح كيف يتم ذلك .

٩- هل من الممكن اعتماد التنظيم الداخلى الخطى (على أساس المنتوج) على الخدمة المقدمة للمسافرين فى المطار ؟

١٠ - لماذا لا يعتبر توازن الخط الإنتاجى مشكلة مهمة فى التنظيم الداخلى على أساس العملية ؟

١١ - ما هى النتائج الناجمة عن عدم توازن الخط ، و كيف يمكن الاستفادة من الوقت العاطل فى مراكز العمل ؟

١٢ - ما هى خصائص التجربة اليابانية فى مجال التنظيم الداخلى ، و كيف يمكن الجمع بين الكلفة المنخفضة و تنوع المنتجات فى التنظيم الداخلى فى هذه التجربة ؟

التمارين :

١- توفرت لدى أحد المختصين بالتنظيم الداخلى البيانات الآتية عن أنماط الإنتاج . المطلوب احتساب الأرباح الكلية و نقطة التعادل لكل منها و رسم ذلك بيانياً :

الأنماط	الكلفة الثابتة (دينار)	الكلفة المتغيرة الوحدة (دينار)	حجم المخرجات المطلوب	سعر الوحدة (دينار)
المواقع الثابتة	٣٠٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠	١٥٠٠
على أساس العملية	٥٠٠٠٠	٣٠	٣٠٠٠	٦٠
على أساس المنتوج	٢٠٠٠٠٠	٥	٣٠٠٠٠	١٥

٢- يقوم أحد المصانع بإنتاج (٦) عوائل منتجات تتطلب (٦) خلايا إنتاجية كما مبين فى الجدول التالى . و قد قررت إدارة المصنع إعادة تقييم و تجميع عوائل المنتجات فى خلايا إنتاجية بهدف تحسين استخدام الموارد المتاحة ، كيف يمكن مساعدة الإدارة فى تقليص خلايا الإنتاج المستخدمة ؟

عائلة الجزء	الأجزاء	خلايا الإنتاج (العمليات)
١-س	أ - ب - جـ	ع١ - ع٢ - ع٣
٢-س	هـ - و - د	ع٢ - ع٣ - ع٤
٣-س	ع - ك - ل	ع٤ - ع٥ - ع٦
٤-س	م - ى - ط	ع١ - ع٦
٥-س	ح - ف	ع٤ - ع٦
٦-س	س - ر	ع١ - ع٤

٣- فى الشكل التالى يظهر التنظيم الحالى لإحدى الورش :

القسم (١)	القسم (٢)	القسم (٣)	القسم (٤)
القسم (٥)	القسم (٦)	القسم (٧)	القسم (٨)

بعد جمع البيانات من سجلات الأقسام تم تنظيم مصفوفة المناولة للمواد (من – إلى) كما فى الجدول التالى (الأرقام : ألف وحدة) :

من / إلى	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
١	–	٩	٦		٨	١٠		
٢	٧	–						
٣		٦	–					
٤				–	٨	٣		
٥	٧			١٤	–			١
٦						–		
٧	٢		١				–	١٠
٨								–

وكانت الكلفة المقدرة لكل وحدة من المادة / وحدة مسافة بين الأقسام المجاورة (٠,٥) دينار والأقسام غير المتجاورة (٠,٨) دينار .

المطلوب : ما هو الترتيب المقترح الذى يمكن أن يحقق أدنى كلفة كلية ؟

٤- شركة (ألفا) أرادت بعد استخدام أحد المختصين بالتنظيم الداخلى – أن تقوم بتطوير التنظيم الداخلى لأقسامها ، و بعد المناقشة مع المختص اقترح استخدام طريقة (CRAFT Method) فى إعادة التنظيم . وقد توفرت البيانات الآتية عن مناولة المواد كما فى الجدول (أ) ، و كانت الشركة تستخدم ثلاثة أقسام (أ ، ب ، جـ) مع كلف تدفق شهرية كما فى الجدول (ب) .

المطلوب تحديد التنظيم الأفضل ذى الكلفة الأدنى .

الجدول (أ)

من / إلى	أ	ب	جـ
أ	–	٨٠	٣٠
ب	٦٠	–	٥٠
ج	٤٠	٢٠	–

الجدول (ب)

من / إلى	أ	ب	جـ
أ	–	١٠	٨
ب	٥	–	٦
ج	٤	٧	–

٥- فى الجدول التالى العمليات المكونة للخط الإنتاجى وأوقاتها وعلاقات التعاقب بينها ، وكان وقت الدورة (١٥) ثانية .

العملية	وقت العملية (ثانية)	العملية التى تسبق
أ	٧	-
ب	٨	أ
جـ	٥	أ
د	٤	أ
هـ	٦	د
و	٨	جـ ، هـ
ز	٢٨	ب
ح	٧	و ، ز

المطلوب :

أ- تطوير المخطط البيانى لعلاقات الأسبقية والتعاقب .

ب- تحديد العدد النظرى الأدنى لمراكز العمل .

جـ- احتساب كفاءة التوازن و نسبة الوقت العاطل .

د- وضح هل يتغير العدد الأدنى لمراكز العمل إذا كان لأسباب إنتاجية لا يمكن جمع العمليات (جـ) (د) (هـ) فى مركز عمل واحد ، و ماهى كفاءة التوازن النظرية والفعلية فى هذه الحالة ؟

هـ- استخدم البيانات فى المثال السابق ، و حدد العدد الأدنى لمحطات العمل باستخدام طريقة الوزن الموضعى الترتيبى .

المراجع :

١- بيداء ستار لفته "نظام تكنولوجيا المجاميع و أثر تنفيذه في تخفيض الوقت و كلفة العمل المباشر " رسالة ماجستير "غير منشورة" كلية الإدارة و الاقتصاد ، جامعة بغداد ، بغداد ١٩٩٢ .

2-E.Adam.,Jr.and R.J.Ebert , Production and Operations Management, Printice-Hall of India Private Lmd New Delhi.1993 .

3-E.S.Buffa, Modern Production /Operations Management , John-Willy And Sons, New York , 1983 .

4-J.B.Dilworth , Production and Operations Management , McGrow - Hill Publishing Co. New York ,1989.

5-G.A.B.Edwards , Reading In Group Technology , Machinery , Publishing Co. London,1971.

6-R.L.Francis, et al., Facility Layout and Location: An Analytical Approach , Printice-Hall,Englewood Cliffs, New Jersey,1992.

7-M.P.Groover , Automation Production Systems and Computer Integrated Manufacturing , Printice-Hall International , Inc , Englewood Cliffs New Jersey 1987 .

8-J.Hiezer and B.Render , Production and Operations Management , Allan and Bacon , Inc Boston .1988.

9- K.Hitomi , Manufacturing System Engineering , Taylor and Francis Ltd London 1977 .

10-J.Krajewski and B.Ritzman ,Operations Management :Strategy and Analysis , Addison - Wesley Publishing Co. New York , 1989 .

11-R.G.Schroeder , Operations Management : Decision Making in the Operations Function, Mcgrow - Hill Book Co, New York , 1989 .

12-M.k.Starr, Managing Production and Operations, Printice- Hall Inc . New Jersey 1989.

13-W.J.Stevenson , Production / Operations Management , Richard D. Irwin, 1996.

14-N. Slack et al., Operations Management , Pitman Publishing , London, 1998 .

15-R.J.Tersine , Production and Operations Management , North Holland . 1980.

16 -C.D.J.Waters , An Introduction to Operations Management , Addison-Wesley Publishers.1991.

الفصل الخامس : التنبؤ (تقدير الطلب)

٥-١ - المدخل .
٥-٢- أنماط التغير فى الطلب .
٥-٣- الدقة والكلفة فى التنبؤ .
٥-٤- أساليب التنبؤ .
أولاً : الأساليب النوعية .
(١) آراء وتقديرات المديرين .
(٢) تقديرات رجال البيع .
(٣) مسوحات الزبائن وبحوث الأسواق .
(٤) طريقة دلفى .
(٥) السيناريو .
ثانيًا : الأساليب الكمية .
(١) الطريقة البيانية .
(٢) أسلوب نصفى السلسلة .
(٣) المتوسطات المتحركة .
(٤) المتوسط المتحرك المرجح .
(٥) أسلوب المربعات الصغرى أو الانحدار البسيط .
(٦) التهدئة الأسية البسيطة .
٥-٥- المقارنة بين المتوسط المتحرك والتهدئة الأسية .
٥-٦- التنبؤ بالطلب الموسمى .
٥-٧- التنبؤ البؤرى .
٥-٨- اختيار الأسلوب الملائم للتنبؤ .
٥-٩- أخطاء التنبؤ .
٥-١٠- التنبؤ بمساندة الحاسبة .
الأسئلة .
التمارين .
المراجع .

٥-١- المدخل :

لقد احتاج الإنسان على الدوام إلى التنبؤ بأحداث المستقبل ؛ وذلك لأن خبرته بالماضى أكدت له على أن المعرفة المبكرة بالمستقبل يمكن أن توفر له فرصة أفضل للاستعداد لهذه الأحداث المستقبلية ؛ لهذا نجد أن المجتمعات فى الماضى كانت حافلة بالذين يقومون بالفن الأسود لقراءة الكف وأخبار الحظ السعيد وأعمال التنجيم ، وغير ذلك الكثير من الأساليب التى تعتبر اليوم بدون أساس علمى ، إلا أنها كانت تلبى حاجة مهمة من حاجات الإنسان فى الاطلاع على المستقبل والاستعداد له . ولكن مع التطور وتقدم خبرة الإنسان واستخدامه للأساليب الكمية المتقدمة أصبح التنبؤ أداة فعالة أكثر علمية ودقة فى توقع الأحداث المستقبلية ؛ مما ساعد على زيادة استعداد الأفراد ، وكذلك الشركات للتغيرات المتوقعة فى المجالات المختلفة ، ومنها التغيرات فى السوق وحجم ونمط الطلب على المنتجات .

إن التنبؤ هو فن وعلم التوقع بالأحداث المستقبلية ، وهو فن ؛ لأن الخبرة والحدس والتقدير الإدارى له دور فى التنبؤ وفى اختيار الأسلوب الملائم فى التنبؤ ، وهو علم ؛ لأنه يستخدم الأساليب والطرق الموضوعية الرياضية والإحصائية فى التنبؤ ؛ مما يرفع من درجة الدقة ويقلص من التحيز .

والتنبؤ بالطلب (أو تقدير المبيعات) ضرورى فى الشركات المختلفة ، ويمكن أن نميز حاجة الشركات إلى التنبؤ فى حالتين :

أولاً - الشركات فى طور الإنشاء : رغم أن هذه الشركات لا تمتلك بيانات تاريخية عن حجم الطلب ونمطه فى الفترة الماضية ، إلا أنها تقوم بالتنبؤ الذى على أساسه يتم تحديد حجم المصنع ونمط الإنتاج والتنظيم الداخلى وغيرها ؛ لهذا نجد أن هذه الشركات تستعين بأساليب عديدة لتحقيق دقة أكبر فى التنبؤ مثل القيام بمسوحات وبحوث السوق ، الاستفادة من البيانات التاريخية للشركات المشابهة ، العقود التى يمكن أن تحصل عليها من الشركات التى ترتبط معها بعلاقات خلفية (باتجاه المواد الأولية) وأمامية (باتجاه التوزيع) ، دراسة تجارب الشركات التى دخلت السوق بمنتجات لم يكن لها نظير فى السابق ، الاستعانة بخبرة رجال المبيعات والموزعين فى

سوق المنتوج ، والدراسة التحليلية للظروف الاقتصادية والاجتماعية كالسكان ، الاستثمارات ، ومستوى المعيشة فى البلد .

ثانيًا – الشركات فى طور التشغيل والإنتاج : تملك هذه الشركات قاعدة بيانات عن الفترة الماضية تكون أساسًا جيدًا لدقة التنبؤ عن الأحداث المتوقعة فى المستقبل .

ورغم أن معرفة الماضى ليست كافية لمعرفة المستقبل من خلال التنبؤ ، إلا أن هذا لا يلغى أهمية التنبؤ ؛ لأن الشركات بدون التنبؤ سوف تتعامل مع المجهول وعدم التأكد المطلق ، وهذا ما لا تستطيع القيام به الشركات الحديثة ، خاصة وأن الخبرة المتراكمة الواسعة فى مجال التنبؤ والتطور فى أساليبه جعلت من الممكن تحسين درجة الدقة فى هذه التنبؤات بالاستناد إلى خبرة وبيانات الفترة الماضية .

لابد من التأكيد على أن التنبؤ يستند إلى البيانات الماضية أو الخبرة الماضية ؛ لهذا فإنه ليس عملاً عشوائيًا أو عملاً من أعمال (الرجم بالغيب) ، أو التخمينات غير الواقعية ، أو الأمانى التى لا تستند إلى الواقع وخبرته . ولكن التنبؤ بالمقابل لا يعنى ولا يفترض أيضًا المطابقة بين النتائج والأحداث المتوقعة والأحداث الفعلية ، وأن قدراً معينًا من الخطأ (انحراف التنبؤ عن الطلب الفعلى) يمكن أن يحدث ، وأن الدقة المطلقة لايمكن أن تتحقق فى التنبؤ ، وإذا ما أصبحت مثل هذه الدقة هدفًا كحالة افتراضية ؛ فإنها لابد أن تعنى جهداً فائقًا وكلفة عالية جداً لا يمكن تبريرها من الناحية الاقتصادية . وفى ضوء ما تقدم يمكن أن نشير فيما يلى إلى السمات العامة للتنبؤ :

أولاً : إن أساليب وطرق التنبؤ عمومًا تفترض أن العوامل الأساسية الموجودة فى الماضى سوف تستمر فى المستقبل ، وهذا ما يمثل ميل الظواهر إلى أن تتكرر فى المستقبل .

ثانيًا : إن التنبؤات نادراً ما تكون كاملة ؛ فالنتائج الفعلية عادة ما تختلف عن القيم المقدرة أو المتنبئ بها ، وإن عدم القدرة على التنبؤ بدقة يعود إلى تعدد وكثرة المتغيرات المؤثرة أو إلى تأثير العوامل العشوائية ؛ لهذا يتم وضع حدود تفاوت ومدى انحراف لأخذ هذه العوامل بالاعتبار .

ثالثًا : إن التنبؤات لمجموعة من المفردات أو المنتجات تميل إلى أن تكون أكثر دقة من التنبؤ بمفردة واحدة أو منتوج واحد ؛ وذلك لأن أخطاء التنبؤ للمفردات أو المنتجات المتعددة تتسم بأثر الإزالة ؛ حيث إن الخطأ السالب فى التنبؤ لمنتوج معين يزيل الخطأ الموجب لمنتوج ثانٍ .

رابعًا : تنخفض دقة التنبؤ كلما كان الأفق الزمنى للتنبؤ طويلاً ، وعمومًا التنبؤات قصيرة الأمد أدق من التنبؤات طويلة الأمد ؛ لأن الأولى تكون أقل عرضة لعدم التأكد من الثانية .

خامسًا : إن البيانات التاريخية التى تشكل السلاسل الزمنية عادة ما تأخذ شكلاً معينًا يدعى نمط التغير ، وأن معرفة هذا الأخير يساعد على تحقيق التنبؤات الأكثر دقة . أما البيانات التاريخية التى تتسم بنمط التغير غير الثابت والمستقر بما يؤدى إلى إخفاء وعدم وضوح النمط ؛ فإنها لا تساعد على تحقيق التنبؤات الدقيقة وتكون أخطاء التنبؤ فيها كبيرة .

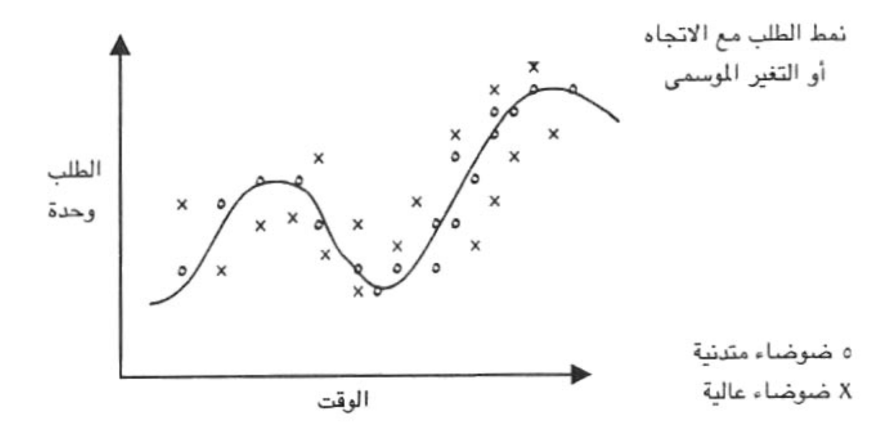
من هذه السمات يمكن أن نلاحظ أن هناك أهمية كبيرة للبيانات وفى نفس الوقت أهمية كبيرة لنماذج التنبؤ الذى يمكن أن تعطى نتائج أكثر دقة واقترابًا من النتائج الفعلية ، وإذا كانت الإدارة تستطيع أن تقدم البيانات الملائمة والمطلوبة من أجل التنبؤ ؛ فإن القائم بالتنبؤ عليه أن يختار ويقدم النموذج الملائم للتنبؤ فى ضوء هذه البيانات .

وإذا كان التنبؤ يقدم توقعات لوصف وفهم المستقبل ؛ فإنه بهذا يختلف عن التخطيط ؛ وذلك لأن التنبؤ هو أسلوب ذو سمة فنية ، فى حين أن التخطيط وظيفة إدارية من وظائف المدير . والتنبؤ ذو بعد أكثر حيادًا وموضوعية ؛ لأنه يصف ما نعتقد أنه سيحدث فى المستقبل ، فى حين أن التخطيط يتعامل مع ما نعتقد أنه يجب أن يحدث فى المستقبل ، أى أن التخطيط يحاول أن يؤثر فيما نتوقعه حسب أهداف الشركة ؛ لهذا فإن التخطيط يمثل عملية تحكمية اختيارية تستهدف التأثير من خلال إمكانات وسياسات الشركة فى الأحداث ؛ لتكون متوافقة مع أهداف الشركة ، وهذا هو مضمون عبارة (بيتر در كر P.F.Drucker) بأن أفضل وسيلة للتنبؤ هو أن تصنعه بنفسك .

٥-٢- أنماط التغير فى الطلب :

إن البيانات التى يتم تسجيلها بشكل منتظم لفترة زمنية معينة تشكل سلسلة زمنية ، وإن نمط الطلب هو الشكل العام للسلاسل الزمنية . وعند التمثيل البيانى للبيانات الممثلة للنمط نجد أن بعض نقاط البيانات لا تقع على منحنى النمط ، إلا أن جميع البيانات تميل إلى الاقتراب منه وتتجمع كنقاط متعنقدة حول النمط . ويستخدم عادة مصطلح الضوضاء لوصف ذلك ؛ فالضوضاء المنخفضة تعنى أن كل أو أغلب النقاط قريبة من النمط ، بينما الضوضاء العالية تعنى أن بعض النقاط تقع بعيداً نسبياً عن النمط . ويوضح الشكل رقم (٥-١) كلا النوعين من الضوضاء . ولابد من التأكيد على أن الضوضاء فى أنماط الطلب يمكن أن تعمل على إخفاء النمط ؛ مما يؤدى إلى صعوبة التنبؤ حتى مع استخدام الحاسبة ؛ فتكون النتيجة هى أخطاء التنبؤ . كما أن المحللين يستخدمون مصطلح استقرار الطلب لوصف ميل السلاسل الزمنية للمحافظة على النمط العام عبر الوقت ، وهذا يساعد على زيادة دقة التنبؤ ؛ لأن التنبؤ بالطلب يكون أسهل فى حالة الطلب ذى النمط المستقر بالمقارنة مع الطلب غير المستقر .

الشكل رقم (٥-١) : الضوضاء فى الطلب



إن نمط الطلب بوصفه الشكل العام للسلسة الزمنية قد يكون ثابتًا ، وموسميًا أو اتجاهًا أو ما هو مشترك من هذه الأنماط ، ويمكن تحديد أنماط التغير فى بيانات السلاسل الزمنية المتعلقة بالطلب كالآتى :

أولاً – النمط الأفقى (A Horizontal Pattern) : يوجد حيث لا يكون هناك اتجاه تصاعدى أو تنازلى فى البيانات أو التغيرات ، إنما تغيرات عشوائية تبقى الطلب عند مستوى ثابت أو شبه ثابت ، وأن التغير العشوائى يكون محددًا بما لا يظهر اتجاهًا نحو التصاعد أو التنازل فى الطلب .

ثانيًا – النمط الموسمى (A Seasonal Pattern) : يشير إلى التذبذبات المتكررة فى الطلب سنويًا والتى قد تكون بفعل الجو ، التقاليد ، والعوامل الأخرى . وهذا النمط من التغير فى الطلب يظهر لأسباب تتعلق بتعامل الشركة مع أنماط معينة من المواد الأولية والمنتجات ذات السمة الموسمية .

ثالثًا – النمط الدائرى أو نمط الدورة (Cyclical Pattern) : يدعى أيضًا نمط دورة الأعمال ، وهو يشير إلى الانحراف الكبير فى الطلب عن المتوقع على أساس الاتجاه بفعل التغيرات الكبيرة فى الأمد الطويل فى البيئة ، وهذا النمط يشبه النمط الموسمى ، إلا أن الدورة الواحدة عادة ما تكون أطول من سنة ومثاله الدورات الاقتصادية .

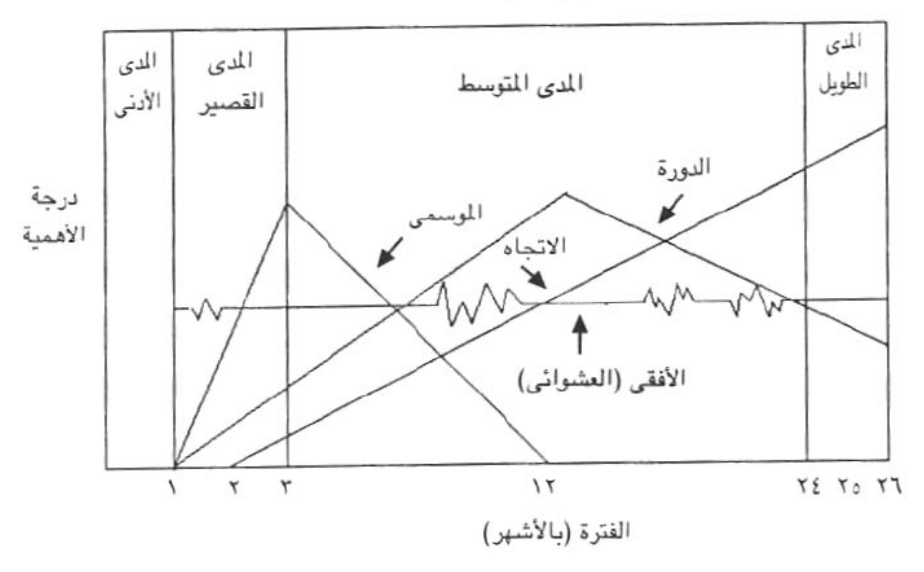
رابعًا – نمط الاتجاه (Trend Pattern) : يشير فى السلاسل الزمنية إلى النمو أو التدهور الطويل الأمد فى المستوى المتوسط للطلب ، وهذا النمط يكون عادة غير قابل للتنبؤ ، والمثال على ذلك تدهور الطلب على منتوج الشركة فى السنوات العشر الماضية . والشكل رقم (٥–٢) يوضح هذه الأنماط الأربعة .

٥–٢– الدقة والكلفة فى التنبؤ :

لأن التنبؤ وسيلة تساعد الشركة على التخطيط الجيد والاستعداد المسبق لمواجهة الأحداث المستقبلية ؛ فإنه ليس مهمًا بذاته ، وأهميته تمكن فى مدى التلاؤم مع المجال أو الحالة التى يستخدم فيها أسلوب التنبؤ ، وعادة ما يقاس ذلك بدقة التنبؤ .



الشكل رقم (٥-٢) : أنماط التغير فى الطلب



بسبب تعدد أساليب وطرق التنبؤ فإن القاعدة المهمة هى أن كل أسلوب للتنبؤ يمكن أن يكون ملائمًا لحالات معينة ، ولا يكون كذلك فى حالات أخرى . وبالتالى ليس هناك أسلوب ملائم للتنبؤ لكل الحالات ، وأن القائم بالتنبؤ يجب أن يقوم بتحديد الأسلوب الملائم للتنبؤ حسب الحالة المطلوب التنبؤ فيها.

وفى الإنتاج فإن التنبؤ مسألة ضرورية لتحديد حجم المصنع (كقرار إستراتيجى) أو فى تخطيط وجدولة الإنتاج ، ومقابل ذلك فإن عدم الدقة أو الخطأ فى التنبؤ ، يمكن أن يؤدى إلى واحدة من الحالتين الآتيتين :

الحالة الأولى : إذا كان التنبؤ أكبر من الطلب الفعلى ؛ فهذا يعنى أن الشركة ستمتلك سعة أكبر ؛ مما يؤدى إما إلى سعة عاطلة غير مستغلة ، أو تكوين مخزون أكبر ، أى وجود إنتاج زائد ؛ مما سيؤدى إلى تحمل كلفة إضافية فى السعة العاطلة أو فى الاحتفاظ بمخزون أكبر ، ويمكن التعبير عن هذه الحالة :

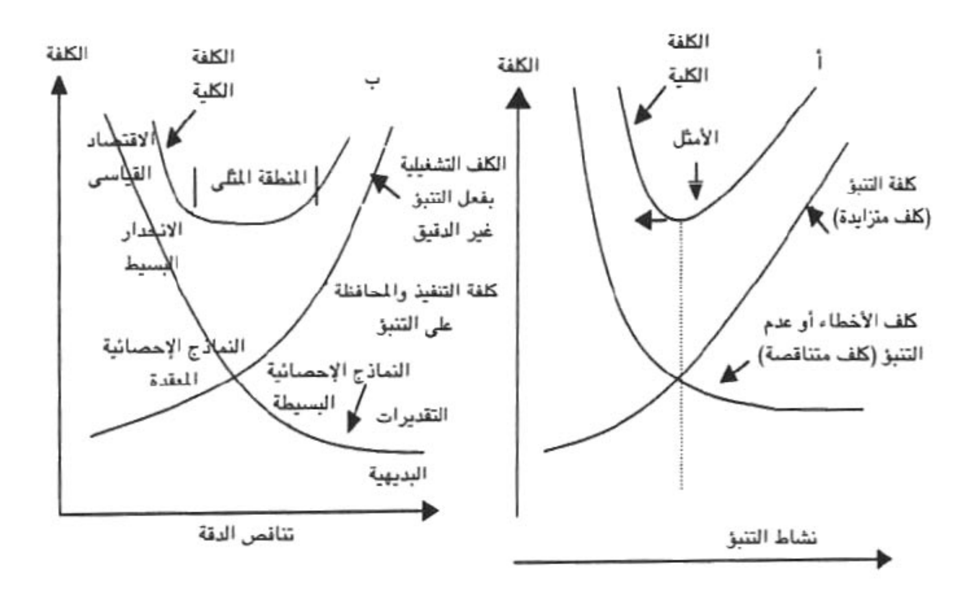
التنبؤ - الطلب الفعلى = الإنتاج الزائد (خطأ التنبؤ) .

الحالة الثانية : إذا كان التنبؤ أقل من الطلب الفعلى ، وهذا يعنى سعة أقل ونفاذ المخزون ، وبالتالى تراكم الطلبيات والأعمال غير المنجزة ، وهذا بدوره يحمل الشركة كلفة ناجمة عن السمعة المتضررة وعن الفرصة البديلة الضائعة ، وهذه الحالة تؤدى إلى الإنتاج الناقص ويمكن التعبير عنها بالآتى :

التنبؤ - الطلب الفعلى = الإنتاج الناقص (خطأ التنبؤ) .

إن تحقيق الدقة العالية فى التنبؤ يتطلب استخدام أساليب وطرق تنبؤ أكثر تطوراً وتعقيداً . فمن المعروف أن أساليب التنبؤ تتدرج من حيث السهولة والتعقيد وبالتالى من حيث الكلفة ، وأن هناك مبادلة الدقة / الكلفة فى اختيار أسلوب التنبؤ ؛ فالأساليب الأكثر تعقيداً تميل لأن تكون لها كلف عالية نسبياً ، ولكنها بالمقابل وفى أكثر الأحيان تقدم تنبؤات أكثر دقة مع كلف تشغيلية أقل . إن الشكل رقم (٥-٣- أ) يوضح أنه عند تزايد نشاط التنبؤ يؤدى إلى زيادة كلف التنبؤ بسبب زيادة الحاجة إلى المختصين الأكثر تأهيلاً وإلى البيانات والطرق والأساليب الحديثة . ولكن هذه الزيادة فى نشاط التنبؤ تؤدى إلى انخفاض تكاليف من نوع آخر هى تكاليف الخطأ وعدم التنبؤ ، إن المستوى الأمثل من التنبؤ يكون عند تساوى النوعين من الكلف ؛ حيث من الناحية النظرية يكون المستوى الأمثل عند تساوى العائد الحدى (انخفاض كلف الخطأ وعدم التنبؤ) مع الكلفة الحدية . كما أن الشكل رقم (٥-٣- ب) يوضح أن استخدام النماذج الأكثر تعقيداً كالاقتصاد القياسى ، ومن ثم نماذج الانحدار والارتباط يزيد من كلفة التنبؤات ، ولكن بالمقابل يخفض من الكلف التشغيلية الناجمة عن التنبؤات غير الدقيقة (كلفة أخطاء التنبؤ) .

الشكل رقم (٥-٣) : علاقة أساليب التنبؤ بالكلفة



٥ -٤- أساليب التنبؤ :

لقد تطورت وتنوعت أساليب وطرق التنبؤ بشكل كبير ؛ مما جعل اختيار الأسلوب الملائم مسألة صعبة تتطلب خبرة ودراية بهذه الأساليب واستخدامها ، وذلك لأن لكل أسلوب من أساليب التنبؤ ظروفًا أفضل للاستخدام والتكيف ؛ ليعطى نتائج أكثر دقة فى التنبؤ ، ويمكن تصنيف أساليب التنبؤ إلى مجموعتين : الأساليب النوعية والأساليب الكمية . ونعرض فيما يأتى لهذه الأساليب .

أولا : الأساليب النوعية (Qualitative Methods) :

هى الأساليب التى تعتمد فى التنبؤ على الحس الذاتى والخبرة والتقدير الإدارى ، وبسبب تباين مستويات الخبرة ؛ فإن مديرَيْنِ قد يصلان إلى تنبؤين مختلفين ، ورغم

تطور الأساليب الكمية ؛ فإن الأساليب النوعية لازالت مهمة فى بعض الحالات ، كما فى ظروف التغيرات السريعة والكبيرة وعندما لا يمكن التعويل على البيانات الماضية كمؤشرات للتنبؤ بالأحداث المستقبلية ، أوعندما لا تتوفر مثل هذه البيانات كما فى المنتجات الجديدة ، كما أن هذه الأساليب تستخدم على نطاق واسع فى التنبؤ التكنولوجى ، وقد يعتبرها البعض بمثابة الملجأ الأخير وهذا ما يحدث عندما لا تعود الأساليب الكمية ملائمة للاستخدام . وتشمل الأساليب النوعية ما يأتى :

(١) آراء وتقديرات المديرين :

فى هذه الطريقة يتم أخذ آراء وتقديرات مديرى الإنتاج ، التسويق ، المالية ... إلخ ، والاعتماد عليها كأساس فى التنبؤ على افتراض أن هؤلاء المديرين يتمتعون بالخبرة الماضية عن إنتاج ومبيعات (الطلب) المنتوج . وهذه الطريقة يمكن أن تستخدم فى التخطيط طويل الأمد وتطوير منتوج جديد ، وهى بسيطة وغيرمكلفة وتستعين بخبرة المديرين فى ضوء ظروف الشركة . ومن عيوب هذه الطريقة سيادة الرأى الواحد على بقية آراء الأفراد الآخرين . ويوضح المثال (٥-١) كيفية معالجة تقديرات هؤلاء المديرين للطلب المتوقع .

مثال (٥ -١) :

فى اجتماع للإدارة العليا فى شركة (أ ب ج) طلب المدير العام من مديرى الإنتاج والتسويق والمالية تقديم تقديراتهم حول الطلب على منتوج الشركة فى السنة القادمة ، وقد قدم المديرون تقديراتهم الآتية :

المديرون	الطلب (ألف وحدة)
الإنتاج	١٢٥
التسويق	١٦٠
المالية	١٠٠

فى ضوء خبرة المدير الأعلى فقد أعطى الاحتمالات الآتية لهذه التقديرات : تقدير مدير الإنتاج (٤٠٪) ، التسويق (٣٥٪) ، والمالية (٢٥٪) .

المطلوب : تقدير الطلب للسنة القادمة على أساس تقديرات المديرين .

الحـــل :

باستخدام تقديرات المديرين واحتمالاتها يمكن تقدير الطلب :

(١٢٥ x ٠,٤٠) + (١٦٠ x ٠,٣٥) + (١٠٠ x ٠,٢٥) = ١٣١ ألف وحدة .

(٢) تقديرات رجال المبيعات :

إن العاملين فى المبيعات يمثلون مصدراً مهماً للمعلومات ؛ لأنهم على اتصال مباشر بالسوق والزبائن ؛ لهذا يمكن استطلاع آرائهم والاستفادة من تقديراتهم لما هو متوقع من الطلب فى الفترة القادمة . ومن عيوب هذه الطريقة هو أن رجال المبيعات قد لا يفرقون بين ما يريد الزبائن وما يقومون به هم من أعمال البيع ، كما أنهم فى فترة انخفاض المبيعات يميلون إلى التشاؤم (تقدير منخفض) ، وعند زيادة المبيعات يميلون إلى التفاؤل (تقدير عالٍ) وفى الحالتين يكون خطأ التقديرات كبيراً .

(٣) مسوحات الزبائن وبحوث السوق :

إن الزبون هو الذى يحدد الطلب ؛ لهذا فإن استطلاع آراء الزبائن يمكن أن يمثل مصدراً مهماً للمعلومات حول الطلب المتوقع ، والشركات الحديثة تمتلك ضمن إدارة التسويق وحدة متخصصة ببحوث السوق وإعداد المسوح الخاصة بالزبائن . ومن عيوب هذه الطريقة تحيز الزبون ؛ ففى حالة الرغبة بالمنتوج يعطى تقديراً عاليًا لطلبه وفى حالة عدم الرغبة يعطى تقديراً منخفضاً ، ضعف استجابة الزبائن لهذه المسوح ، كلفة المسوح العالية ، والحاجة إلى مهارات لإعداد وتنفيذ المسوح وبحوث السوق .

(٤) طريقة دلفى :

لقد تم تطوير طريقة دلفى (Delphi Method) فى عام ١٩٦٤م من قبل مؤسسة البحث والتطوير الأمريكية المعروفة بمؤسسة راند (Rand Corporation) ، وقد

استخدمت لأول مرة فى التنبؤ التكنولوجى ؛ حيث شارك عدد من المختصين فى العلوم المختلفة ؛ ليحددوا التطورات التكنولوجية المتوقعة فى المدى البعيد . وبعد أن يقدموا توقعاتهم فى الجلسة الأولى تجمع الآراء والتوقعات ويتم تنظيمها وإعادتها إلى المشاركين للاطلاع عليها والقيام بجلسة ثانية لتقديم التقديرات ، وتكرر العملية لعدة مرات حتى تتقارب الآراء والتوقعات ، ويتم التوصل إلى توقعات مشتركة تمثل التوقعات مرجحة الحدوث .

يمكن استخدام طريقة دلفى فى تقدير الطلب من قبل مجموعة من الخبراء ، فلو فرضنا أن هناك أربعة خبراء تم اختيارهم من لجنة دلفى ، وطلب منهم تقديرات الطلب على منتوج الشركة فى ضوء خبراتهم المتخصصة وفى الجلسة الأولى قدموا تقديراتهم ؛ فتقوم لجنة دلفى بعد تنظيم الإجابات بإعادة التقديرات كلها إلى الخبراء الأربعة للاطلاع عليها ، وتقديم تقديرات جديدة فى جلسة ثانية وتكرار ذلك فى جلسة ثالثة ورابعة ... إلخ ، ويمكن أن نلاحظ أن تقديرات الخبراء فى كل جلسة جديدة تقترب من بعضها ، والجدول رقم (٥-٤) يوضح هذه النتائج المتوقعة عن استخدام طريقة دلفى فى تقدير الطلب فى أربع جلسات .

الجدول رقم (٥-٤) : النتائج المتوقعة باستخدام طريقة دلفى

الخبراء	الجلسات			
	١	٢	٣	٤
الأول	٥٠٠٠٠	٤٥٠٠٠	٤٠٠٠٠	٤٠٠٠٠
الثانى	٣٠٠٠٠	٣٥٠٠٠	٣٥٠٠٠	٣٥٠٠٠
الثالث	٤٥٠٠٠	٤٠٠٠٠	٤٥٠٠٠	٤٠٠٠٠
الرابع	٦٠٠٠٠	٥٠٠٠٠	٤٥٠٠٠	٤٠٠٠٠

ثمة عيوب فى طريقة دلفى أهمها : الحاجة إلى لجنة ذات تأهيل وتدريب للإشراف على الطريقة ، الخبراء قد لا يكونون حقًا خبراء ، تغير الخبراء من جلسة لأخرى ، الكلفة العالية ، والوقت الطويل ؛ مما يجعل الخبراء غير راضين عن الاستمرار فى الجلسات . والواقع أن الخبراء قد يكونون متباعدين فى مواقع عملهم ؛ مما يجعل من

الصعب مشاركتهم فى جلسات الطريقة ، إلا أن تطوير الهواتف والمؤتمرات الفيديوية ؛ جعل من الممكن مشاركة الخبراء وهم فى عملهم أو بيوتهم .

(٥) السيناريو :

السيناريو أسلوب آخر يتزايد استخدامه فى التنبؤ وخاصة فى التنبؤ المتوسط والطويل الأمد المتعلق باستقراء الاتجاهات ، وقد أشارت إحدى الدراسات إلى أن استخدام هذا الأسلوب فى التنبؤ قد ازداد من (٢٢٪) عام ١٩٧٧م إلى (٥٧٪) من الشركات الصناعية الأمريكية الألف الكبرى ، ويتوقع أن تزداد النسبة بالنظر لأهمية هذا الأسلوب فى التنبؤ طويل الأمد .

يمكن تعريف السيناريو بأنه وصف كتابى لأوضاع أو أحداث أو متغيرات رئيسية فى المستقبل بالاعتماد على خبرة الشركة وافتراضاتها الأكثر ترجيحًا لما سيحدث فى المستقبل . ولقد وضعت شركة جنرال إلكتريك الأمريكية نموذجًا معقدًا لإعداد سيناريو عما تتوقعه الشركة . والمراحل الأساسية لإعداد هذا النموذج هى :

أولاً – إعداد الخلفية : يتضمن تقييم العوامل الأساسية فى القطاع الذى تعمل فيه الشركة ، وكذلك فى المجتمع كالسكان ونمط الحياة ، التشريعات ، العوامل العلمية والتكنولوجية ، الاقتصاد .. إلخ .

ثانيًا – اختيار المؤشرات المهمة : تحديد المؤشرات المهمة فى ضوء نتائج دراسة الخطوة السابقة ، اختيار فريق من الخبراء لتقييم المؤشرات المهمة والأحداث المستقبلية المتوقعة ومستقبل الصناعة التى تعمل فيها الشركة .

ثالثًا – تحديد السلوك الماضى لكل مؤشر : بتحديد السلوك التاريخى لكل مؤشر ، استخدام الحاسبة للاستفادة من برامج الشركة الخاصة بتحليل تأثير الاتجاه ، وأخيرًا تحديد أسباب السلوك الماضى لكل اتجاه سواء كانت سكانية–اجتماعية ، اقتصادية ، سياسية – تشريعية .. إلخ .

رابعًا – تثبيت احتمال الأحداث المستقبلية : مناقشة فريق الخبراء حول قيم الاتجاهات السابقة ، قيم التأثير المحتمل للأحداث المستقبلية ، وقيم احتمال حدوثها .. إلخ .

خامسًا – التنبؤ بكل مؤشر : تشغيل برنامج تحليل تأثير الاتجاه واستخدام مصفوفة تحليل التأثير التبادلي للأحداث المستقبلية على المؤشرات المهمة ، وبما يساعد على استخلاص النتائج .

سادسًا – كتابة السيناريو : هى مرحلة استخلاص النتائج وإعداد الوصف الكتابى الملخص لها .

لابد من أن نشير إلى أن هذا النموذج المعقد يمكن تبسيطه حسب حجم الشركة ودرجة تعقد ظروفها الداخلية والخارجية ، كما يمكن إعداد السيناريو المتعلق بأحد المؤشرات أو العوامل فى سلوك أحد المنافسين أو تطوير المنتجات فى مجال عمل الشركة ، أو ارتفاع كلفة المواد أو الأسعار ؛ مما يعنى أن السيناريو أسلوب مرن قابل للاستخدام حسب أغراض الشركة وحاجاتها .

ثانيا : الأساليب الكمية (Quantitative Methods) :

هى التى تستخدم الطرق البيانية والإحصائية والرياضية للوصول إلى التنبؤات التى عادة ما تكون أكثر دقة وأقل تحيزًا بالمقارنة مع الأساليب النوعية ؛ وذلك لأنها تعتمد على سلسلة زمنية من البيانات فى تحديد نمط الطلب وإسقاطها على المستقبل من أجل التنبؤ ، ونعرض فيما يأتى لبعض هذه الأساليب والطرق .

(١) الطريقة البيانية :

تدعى أيضًا طريقة تحديد الاتجاه العام بالطريقة البيانية ، وهى تقوم على تمثيل السلسلة الزمنية بالشكل البيانى لتحديد الاتجاه العام ، ومن ثم مد وتوسيع خط الاتجاه العام حتى السنوات المراد التنبؤ بالطلب فيها ، وخطوات الطريقة هى :

أ – ارسم البيانات الفعلية على الشكل البيانى الذى يكون محوره الأفقى ممثلاً للفترة ومحوره العمودى للطلب .

ب – حدد الاتجاه العام تصاعديًا أم تنازليًا .

ج – ارسم خط الاتجاه العام على أن يمر بأكبر عدد ممكن من نقاط البيانات الفعلية أو بالقرب منها .

د – لتقدير المبيعات مد خط الاتجاه العام ليصل إلى النقاط المقابلة للفترة المراد تقدير الطلب ، ومن ثم أسقطها أفقياً على محور الطلب . والمثال (٥–٢) يوضح هذه الطريقة .

هذه الطريقة سهلة وبسيطة وغير مكلفة ، وكلما كانت السلسلة الزمنية طويلة وتغيراتها متدرجة وصغيرة ؛ أمكن الاعتماد عليها بدرجة أكبر ، إلا أنها تعتبر طريقة ذاتية تتأثر بتدخلنا فى رسم خط الاتجاه العام ؛ لهذا تدعى بطريقة اليد الحرة ، وهى أيضاً طريقة تقريبية ؛ لهذا لا يمكن الاعتماد عليها بشكل دقيق وإنما كمؤشر عام ، ولا يمكن التعويل عليها فى حالة التذبذبات المستمرة والكبيرة فى الطلب ؛ لأن خط الاتجاه العام يكون بعيداً بدرجة كبيرة عن نقاط البيانات الفعلية فلا يكون ممثلاً دقيقاً أو تقريبياً لها .

مثال (٥–٢) :

أدناه السلسلة الزمنية للطلب على المنتوج (س) للفترة (٩١–١٩٩٨) .

المطلوب : التنبؤ بالطلب باستخدام الطريقة البيانية للسنوات (١٩٩٩) ، (٢٠٠٠) .

السنوات	١٩٩١	٩٢	٩٣	٩٤	٩٥	٩٦	٩٧	١٩٩٨
الطلب (بالآلاف)	١٥٠	١٦٠	١٥٥	١٧٥	١٨٠	١٩٠	١٨٥	٢٠٠

الحـــل :

١– ارسم البيانات الفعلية للطلب :

٢- تحديد خط الاتجاه العام على أن يمر بأكبر عدد من النقاط أو بالقرب منها . يلاحظ من الشكل البياني أن خط الاتجاه يتوسط نقاط البيانات الفعلية ، وأن الاتجاه العام تصاعدى .

٣- القيام بمد خط الاتجاه العام إلى ما يقابل السنتين (١٩٩٩) و (٢٠٠٠) وإسقاطهما أفقيًا على محور الطلب (كما فى الخطوط المتقطعة) ؛ فنحصل على التنبؤ المطلوب فى السنتين المذكورتين أى :

التنبؤ بالطلب عام ١٩٩٦م ٢٠٠ ألف وحدة .

التنبؤ بالطلب عام ١٩٩٧م ٢١٠ ألف وحدة .

يلاحظ أن التنبؤ هو تقريبى ؛ وهذا يعود لسببين ، الأول : هو أن تحديد خط الاتجاه العام يكون تحكميًا أى يمكن التدخل فيه ، والثانى : أن الإسقاط الأفقى على محور الطلب يتم تحديد قيمته بشكل تقريبى غالبًا .

(٢) المتوسطات المتحركة :

إن المتوسط (مجموع القيم على عددها) يعتبر أحد مقاييس النزعة المركزية ، وفى حالة التذبذبات الصغيرة فى الطلب فإنه يمثل عامل تهدئة ، إلا أنه فى التذبذبات الكبيرة يعمل على إخفاء هذه التذبذبات ؛ مما يجعل منه مقياسًا مضللاً لا يمكن الاعتماد عليه . ولمعالجة ذلك يتم اللجوء إلى المتوسط المتحرك ، وذلك باحتساب المتوسط لعدة فترات أو القيم بدلاً من المتوسط لكل فترات أو قيم السلسلة . وفى كل مرة يحتسب فيها المتوسط المتحرك تترك الفترة الأقدم وتضاف قيمة الفترة اللاحقة . والمتوسط المتحرك لآخر عدد من الفترات يمكن أن يمثل التنبؤ للفترة القادمة . والمثال (٥-٣) يوضح استخدام المتوسط المتحرك .

مثال (٥-٣) :

الآتى بيانات الطلب للفترة (٨٩-١٩٩٤) احسب التنبؤ للفترة القادمة باستخدام المتوسط المتحرك لثلاث سنوات (م م ٣) .

السنوات	١٩٨٩	٩٠	٩١	٩٢	٩٣	٩٤
الطلب (بالآلاف)	٧	١٢	١٤	١٤	١٨	١٩

الحـــل :

السنوات	الطلب	التنبؤ للسنة القادمة (م م ٣)
١٩٨٩	٧	–
٩٠	١٢	٧+١٢+١٤ / ٣ = ١١,٠
٩١	١٤	١٢+١٤+١٤ / ٣ =١٣,٣
٩٢	١٤	١٤+١٤+١٨ / ٣ = ١٥,٣
٩٣	١٨	١٤+١٨+١٩ / ٣ = ١٧,٠
١٩٩٤م	١٩	–

يلاحظ أن المتوسط المتحرك سيسجل فى موقع الوسط من البيانات التى استخرج لها الوسط ؛ ولهذا فالمتوسط المتحرك (١١) ألف وحدة سجل فى السنة ١٩٩٠م . وأن التنبؤ بالطلب لسنة ١٩٩٥م هو (١٧) ألف وحدة (عادة يستخدم المتوسط المتحرك الأخير كتنبؤ للسنة القادمة) ، وإذا افترضنا أن الطلب الفعلى فى السنة ١٩٩٥م هو (٢٠) ألف وحدة ؛ فإن التنبؤ بالطلب فى سنة ١٩٩٦م سيكون (١٨+١٩+٢٠ / ٣ = ١٩ ألف وحدة) . كما يلاحظ أنه فى الاتجاه التصاعدى للطلب يكون المتوسط المتحرك الأخير (التنبؤ للسنة القادمة) أقل من القيمة على خط الاتجاه ، والعكس فى الاتجاه التنازلى ، وفى الجدول يظهر ذلك واضحًا ؛ حيث نجد أن الطلب الفعلى فى سنة ١٩٩٤م كان (١٩) ألف وحدة فى حين أن التنبؤ بالطلب فى سنة ١٩٩٥م هو (١٧) ألف وحدة . ومن الجدول نجد أيضًا أن السنة الأولى والأخيرة بدون تنبؤات ، وهذه سلبية أخرى فى المتوسط المتحرك . والملاحظة الأخيرة هى أن المتوسط المتحرك يتعامل مع بيانات السلسلة الزمنية كقيم متساوية الأهمية فى التنبؤ ، وقد لا يكون هذا ملائمًا أو صحيحًا ؛ لأن القيمة الأحدث ذات أهمية وقدرة تنبؤية أكبر ، وخاصة إذا كان الاتجاه تصاعديًا (كما فى المثال) أو تنازليًا . ولمعالجة هذه المشكلة يستخدم المتوسط المتحرك المرجّح كأسلوب مناسب لهذا الغرض .

(٤) المتوسط المتحرك المرجّح :

فى المتوسط المتحرك المرجح لا يتم إعطاء قيمة واحدة أو وزن متساوٍ لجميع البيانات للفترات الأقدم والأحدث ، وإنما يتم إعطاء وزن أكبر للفترات الأحدث ؛ لأنها لأقرب لما هو موجود فى الوقت الراهن فى السوق بالمقارنة مع الفترات التى تسبقها ، والمثال رقم (٥-٤) يوضح استخدام هذا المتوسط .

مثـــال (٥-٤) :

فى المثال السابق (٤) لنفرض أن القائم بالتنبؤ يفضل استخدام المتوسط المتحرك لثلاث فترات (م م ٣) مع إعطاء الفترة الأحدث وزناً (٠,٥) والفترة التى تسبقها (٠,٣) والفترة الأسبق (٠,٢) ، احسب التنبؤ للفترات من البيانات السابقة .

الحـــل :

السنوات	الطلب (بالآلاف)	التنبؤ للفترة القادمة (م م ٣)
١٩٨٩	٧	-
٩٠	١٢	١٢ = ٠,٥ X ١٤ + ٠,٣ X ١٢ + ٠,٢ X ٧
٩١	١٤	١٣,٦ = ٠,٥ X ١٤ + ٠,٣ X ١٤ + ٠,٢ X ١٢
٩٢	١٤	١٥ = ٠,٥ X ١٨ + ٠,٣ X ١٤ + ٠,٢ X ١٤
٩٣	١٨	١٧,٧ = ٠,٥ X ١٩ + ٠,٣ X ١٨ + ٠,٢ X ١٤
٩٤	١٩	-

عند مقارنة التنبؤات فى هذا المثال مع المثال السابق ؛ نلاحظ أن المتوسط المتحرك المرجح أكثر استجابة للتغيرات فى الفترات الأحدث ، إلا أنه يعتبر أصعب ؛ لأن استخدامه يتطلب وضع مجموعة دقيقة من الأوزان للفترات .

(٥) أسلوب المربعات الصغرى أو الانحدار البسيط :

من أكثر الأساليب استخداماً ؛ وذلك لأنه يتسم بالبساطة وعدم التعقيد ، ويعطى خطاً أفضل للاتجاه العام لتمثيل العلاقة بين متغيرين . وهذا الأسلوب يعمل على إيجاد

خط الاتجاه العام الذى يتوسط جميع نقاط البيانات ، ويجعل مجموع الانحرافات عنه تساوى صفراً ، وهو يعتمد على معادلة الخط المستقيم أى :

ص = أ + ب س .... (٥-١)

حيث إن :

ص = المتغير التابع أو المتنبأ به .

س = المتغير المستقل أو المنبئ .

(أ) و (ب) = قيم ثابتة (معاملات خط الاتجاه) فيكون (أ) مقاطع (ص) ، فى حين تمثل (ب) ميل خط الاتجاه .

والشكل رقم (٥ - ٥) يوضح بيانياً معادلة الخط المستقيم .

ومن أجل التوصل إلى قيم (أ) و(ب) ؛ تتم الاستعانة بمعادلتين أخريين يتم اشتقاقهما من معادلة الخط المستقيم وهما :

مج ص = أ ن + ب مج س .... (٥-٢)

مج س ص = أ مج س + ب مج س^2 .... (٥-٣)

حيث إن :

ن = تمثل عدد فترات السلسلة الزمنية .

وبالإمكان احتساب قيم الثوابت (أ) و (ب) باستخدام المعادلتين الآتيتين أيضاً :

$$\text{ب} = \frac{\text{ن مج س ص} - (\text{مج ص})\,(\text{مج س})}{\text{ن مج س}^2 - (\text{مج س})^2} \quad \text{............................ (٥-٤)}$$

$\text{أ} = \bar{\text{ص}} - \text{ب}\ \bar{\text{س}}$ .... (٥-٥)

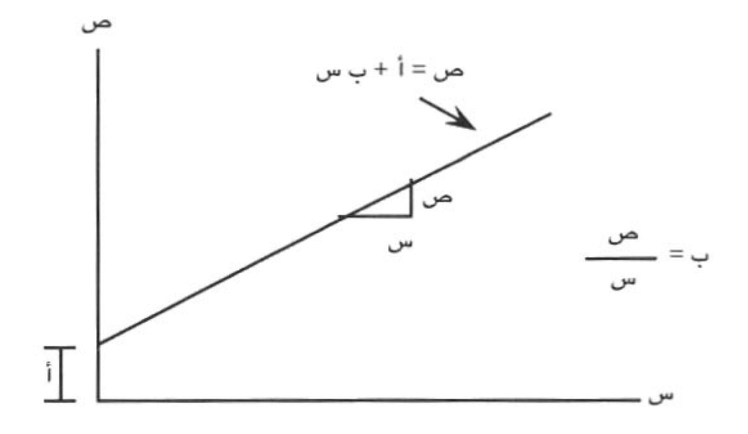
حيث إن :

$\bar{\text{ص}}$ = متوسط قيم (ص) .

$\bar{\text{س}}$ = متوسط قيم (س) .

والمثال (٥-٥) يوضح استخدام هذا الأسلوب .

الشكل رقم (٥-٥) : التمثيل البيانى لمعادلة الخط المستقيم



مثال (٥-٥) :

فى الجدول أدناه بيانات الطلب على الأبواب الجاهزة فى مصنع الجبل الأخضر للأثاث للفترة (٨٩ - ١٩٩٧م) :

المطلوب :

ما هو الطلب المتوقع فى السنتين (١٩٩٨م) و (١٩٩٩م) باستخدام أسلوب المربعات الصغرى ؟

السنوات	١٩٨٩	٩٠	٩١	٩٢	٩٣	٩٤	٩٥	٩٦	١٩٩٧
الطلب (ألف وحدة)	٦٠	٦٢	٦٩	٧٥	٧٨	٨٤	٩٠	٩٢	٩٨

الحل :

نفرض أن الطلب هو (ص) ، وأن سنوات السلسلة الزمنية هى (س) ، ونقوم بتنظيم الجدول الآتى :

السنوات	الطلب (ص)	س	س۲	س ص
۱۹۸۹	٦٠	١	١	٦٠
٩٠	٦٢	٢	٤	١٢٤
٩١	٦٩	٣	٩	٢٠٧
٩٢	٧٥	٤	١٦	٣٠٠
٩٣	٧٨	٥	٢٥	٣٩٠
٩٤	٨٤	٦	٣٦	٥٠٤
٩٥	٩٠	٧	٤٩	٦٣٠
٩٦	٩٢	٨	٦٤	٧٣٦
١٩٩٧	٩٨	٩	٨١	٨٨٢
المجموع	٧٠٨	٤٥	٢٨٥	٣٨٣٣

نعوض فى المعادلتين الأخيرتين (٢) و (٣) كالآتى :

٧٠٨ = ٩ أ + ٤٥ ب (٥ x)

٣٨٣٣ = ٤٥ أ + ٢٨٥ ب

٣٥٤٠ = ٤٥ أ + ٢٢٥ ب (بالطرح)

٢٩٣ = ٦٠ ب

ب = ٢٩٣ / ٦٠ = ٤,٨٨

نعوض عن قيمة (ب) فى واحدة من المعادلات أعلاه :

٧٠٨ = ٩ أ + ٤٥ (٤,٨٨)

٧٠٨ - ٢١٩,٦ = ٩ أ

أ = ٤٨٨,٤ / ٩ = ٥٤,٢٧

ومن الممكن استخدام المعادلتين (٤) و (٥) للتوصل إلى قيمة (أ) و (ب) وهى كالآتى :

$$\text{ب} = \frac{٩\ (٣٨٣٣) - (٧٠٨)\ (٤٥)}{٩\ (٢٨٥) - (٤٥)^{٢}}$$

ب = ٤,٨٨

ص‾ = ٧٠٨ / ٩ = ٧٨,٧

س‾ = ٤٥ / ٩ = ٥

أ = ٧٨,٧ - ٥ (٤,٨٨)

أ = ٧٨,٧ - ٢٤,٤ = ٥٤,٣

بعدئذ نعوض عن قيم (أ) و (ب) فى معادلة الخط المستقيم الأصلية رقم (٥-١) للتوصل للطلب المتوقع :

ص (١٩٩٨) = ٥٤,٢٧ + ٤,٨٨ (١٠) = ١٠٣,٠٧ ألف وحدة ، الطلب المتوقع سنة (١٩٩٨م) .

ص (١٩٩٦) = ٥٤,٢٧ + ٤,٨٨ (١١) = ١٠٧,٩٥ ألف وحدة ، الطلب المتوقع سنة (١٩٩٩م) .

يلاحظ مما سبق عرضه أننا استخدمنا علاقة المتغير التابع (الطلب على المنتوج) بالمتغير المستقل (الوقت) ، ولكن فى أحيان كثيرة تكون العلاقة أقوى بين المتغير التابع (الطلب على المنتوج) والمتغير المستقل الذى يتمثل بالطلب على منتوج آخر بدلاً من العلاقة مع الوقت . ولهذا ما يبرره فمثلاً الطلب على إطارات السيارات يكون ذا علاقة قوية بإنتاج أو استيراد السيارات ؛ لأن كل سيارة تحتاج إلى (٥) إطارات ، كما أن السلع البديلة تكون ذات علاقة قوية كما هو الحال فى النفط الأبيض والغاز ؛ حيث إن كل واحد من المنتوجين يمكن أن يحل محل الآخر فى الاستخدام ؛ مما يجعل زيادة الطلب على أحدهما سبباً فى انخفاض الطلب على الآخر . وفى مثل هذه الحالات يكون من الملائم استخدام الطلب على المنتوج الثانى كمتغير مستقل (بدلاً من الوقت) للتنبؤ

بالطلب على المنتوج الأول كمتغير تابع ، ولكن في هذه الحالة لابد من التأكد من وجود هذه العلاقة القوية ، أى وجود ارتباط قوى يسمح باستخدام الطلب على المنتوج الثانى لانحراف التنبؤ بالطلب على المنتوج الأول ، وعند عدم وجود مثل هذه العلاقة أو هذا الارتباط ؛ فإن المنتوج الثانى لا يكون ذا قيمة تنبؤية بالنسبة للطلب على المنتوج الأول .

ولقياس قوة العلاقة أو الارتباط بين ظاهرتين (أو منتوجين) ؛ فإننا نستخدم لهذا الغرض معامل الارتباط ، فإذا كان الارتباط قويًا ؛ فهذا يعنى أن التغير فى قيم المنتوج الثانى (المتغير المستقل) يكون مترافقًا فى المتوسط بتغير فى قيم المتغير الآخر ، فإن معامل الارتباط يمكن أن يحدد قوة هذا الارتباط ، ويمكن احتساب معامل الارتباط بالمعادلة الآتية :

$$ر = \frac{\text{مجـ س ص} - (\text{ن} \times \bar{\text{ص}} \times \bar{\text{س}})}{\text{ن} \times \text{ع ص} \times \text{ع س}} \quad \text{.................................} \quad (٥-٦)$$

حيث إن

ر = معامل الارتباط .

ع ص = الانحراف المعيارى لقيم (ص) .

ع س = الانحراف المعيارى لقيم (س) .

ويحسب الانحراف المعيارى لقيم (ص) بالمعادلة الآتية :

$$\text{ع ص} = \sqrt{\frac{\text{مجـ ص}^{٢}}{\text{ن}} - (\text{ص})^{٢}}$$

إن قيمة معامل الارتباط تتراوح بين (-١) و (+١) وتدل الإشارة على نوع الارتباط ؛ فالقيمة السالبة تشير إلى ارتباط عكسى (أى أن ارتفاع الطلب على المنتوج الثانى يؤدى إلى انخفاض فى الطلب على المنتوج الأول وبالعكس) ، وقيم معامل الارتباط يمكن أن تفسر العلاقة بين المتغيرين كالآتى :

قيمة معامل الارتباط	العلاقة
١	التطابق
٠,٩٠	قوية جداً
٠,٧٥	قوية
٠,٥٠	ضعيفة
٠,٢٥ فأقل	ضعيفة جداً

المثال (٥-٦) يوضح استخدام معامل الارتباط .

المثال (٥-٦) :

فى الجدول الآتى الطلب على ثلاثة منتجات (النفط الأبيض ، الغاز ، الفحم) للفترة (١٩٩٤م - ١٩٩٨م) ، فإذا كان الطلب المتوقع على النفط الأبيض (١٠٥) آلاف طن وعلى الفحم (٢٥) ألف طن فى سنة (١٩٩٩م) ، ما هو الطلب المتوقع على الغاز فى سنة (٢٠٠٠) ؟

السنوات	١٩٩٤	١٩٩٥	١٩٩٦	١٩٩٧	١٩٩٨
النفط الأبيض	٤٨	٥٤	٦٥	٨٥	١٠٠
الفحم	٧٠	٦٥	٥٥	٤٠	٣٠
الغاز	٣٥	٢٥	١٨	١٥	١٢

الحل :

نفرض أن النفط الأبيض = س الفحم = ك الغاز = ص

السنوات	س	ك	ص	س٢	ك٢	ص٢	س ص	ك ص
١٩٩٤	٤٨	٧٠	٣٥	٢٣٠٤	٤٩٠٠	١٢٢٥	١٦٨٠	٢٤٥٠
١٩٩٥	٥٤	٦٥	٢٥	٢٩١٦	٤٢٢٥	٦٢٥	١٣٥٠	١٦٢٥
١٩٩٦	٦٥	٥٥	١٨	٤٢٢٥	٣٠٢٥	٣٢٤	١١٧٠	٩٩٠
١٩٩٧	٨٥	٤٠	١٥	٧٢٢٥	١٦٠٠	٢٢٥	١٢٧٥	٦٠٠
١٩٩٨	١٠٠	٣٠	١٢	١٠٠٠٠	٩٠٠	١٤٤	١٢٠٠	٣٦٠
المجموع	٣٥٢	٢٦٠	١٠٥	٢٦٦٧٠	١٤٦٥٠	٢٥٤٣	٦٦٧٥	٦٠٢٥

س̅ = ٣٥٢\٥ = ٧٠,٤

ك̅ = ٢٦٠\٥ = ٥٢

ص̅ = ١٠٥\٥ = ٢١

ع س = $\sqrt{}$ ٢٦٦٧٠/٥ − (٧٠,٤)² = $\sqrt{}$(٥٣٣٤ − ٤٩٥٦,٢) = ١٩,٤

ع ك = $\sqrt{}$ ١٤٦٥٠/٥ − (٥٢)² = $\sqrt{}$(٢٩٣٠ − ٢٧٠٤) = ١٥

ع ص = $\sqrt{}$ ٢٥٤٣/٥ − (٢١)² = $\sqrt{}$(٥٠٨٦ − ٤٤١) = ٨,٢

احتساب معامل الارتباط للمنتوجين (س ص) وللمنتوجين (ك ص) :

ر س ص = [٦٦٧٥ − (٢١ x ٧٠,٤ x ٥)] / [٨,٢ x ١٩,٤ x ٥]

= ٦٦٧٥ − ٧٣٩٢\ ٧٩٥,٤

= −٧١٧ \ ٧٩٥,٤

= − ٠,٩٠١ (الارتباط قوى جداً بغض النظر عن الإشارة)

ر ك ص = [٦٢٠٥ − (٢١ x ٥٢ x ٥)] / [٨,٢ x ١٥ x ٥]

= ٦٢٠٥ − ٥٤٦٠ \ ٦١٥

= ٥٦٥ \ ٦١٥

= ٠,٩١٩

يلاحظ أن الارتباط قوى جداً بين الطلب على الغاز (ص) وكل من النفط الأبيض (س) والفحم (ك) ؛ لذا يمكن استخدام بيانات أى من النفط الأبيض أو الفحم للتنبؤ بالطلب على الغاز ، وذلك باتباع الخطوات التى اتبعناها ، ثم نعوض فى المعادلتين (٤) ، (٥) وبالعلاقة مع النفط الأبيض :

١٠٥ = ٥أ + ٣٥٢ ب (x ٧٠,٤)

٦٦٧٥ = ٣٥٢أ + ٢٦٦٧٠ ب

٧٣٩٢ = ٣٥٢أ + ٢٤٧٨٠,٨ ب بالطرح

- ٧١٧ = ١٨٨٩,٢ ب

ب = -٧١٧ \ ١٨٨٩,٢

= - ٠,٣٨

نعوض عن (ب) :

١٠٥ = ٥أ + ٣٥٢ (-٠,٣٨)

١٠٥ +١٣٣,٨ = ٥ أ

أ = ٢٣٨,٨\ ٥

أ = ٤٧,٨

نعوض عن قيم (أ) و(ب) و(س) فى معادلة الخط المستقيم الأصلية ، حيث (س) تأخذ قيمة الطلب المتوقع على النفط الأبيض (س) وهى (١٠٥) آلاف طن فى سنة ١٩٩٩م :

ص = ٤٧,٨ +(- ٠,٣٨) ١٠٥ = ٤٧,٨ -٣٩,٩

= ٧,٩ ألف طن الطلب المتوقع على الغاز سنة ١٩٩٩م .

(٦) التهدئة الأسية البسيطة :

هذا الأسلوب يقلص المحددات التى تبرز فى المتوسط المتحرك ؛ لأنه يمكّن من احتساب التنبؤ لأية فترة أو سنة دون وجود أية فترة بدون تنبؤ . كما أنه يقلص العمليات الحسابية والرياضية التى يتطلبها أسلوب المربعات الصغرى ، ويقلص الحاجة إلى البيانات إلى الحد الأدنى ؛ حيث لا يتطلب إلا التنبؤ لفترة سابقة واحدة وبيانات الطلب الفعلى مع وزن واحد بتحديد قيمة ألفا (∝) بدلاً من عدة أوزان كما فى المتوسط المتحرك المرجَّح . ومن خلال هذا الوزن يمكن أن يعمل الأسلوب على إعطاء أهمية أكبرَ للسنة الحالية مع أهمية متناقصة تدريجياً للسنوات السابقة أو بالعكس عند تغيير هذا الوزن .

ويمكن احتساب التنبؤ الجديد للفترة القادمة باستخدام واحدة من المعادلتين الآتيتين :

ت ج = ت س + α (ط − ت س) .... (٥−٩)

أو

ت ج = (ط) + (١− α) (ت س) .... (٥−١٠)

حيث إن : ت ج = التنبؤ .

ت س = التنبؤ السابق أو القديم .

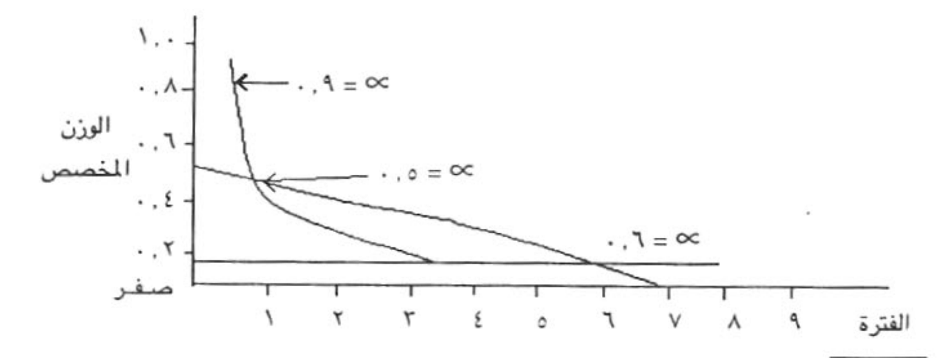
ط = الطلب الفعلى للفترة السابقة .

α = حرف إغريقى يقرأ ألفا وتمثل ثابت التهدئة وقيمته تتراوح بين (صفر) و (١) .

لابد فى هذا الأسلوب من اختيار ملائم لثابت التهدئة والحالات الآتية تساعد فى عملية الاختيار :

أولاً : فى حالة التذبذبات الصغيرة فى بيانات الطلب يتم استخدام ثابت تهدئة (α) ضئيل مثلاً (٠,١) أو (٠,٣) ، وفى حالة التذبذبات الكبيرة يستخدم ثابت تهدئة كبير مثلاً (٠,٧) أو (٠,٩) . وأن القائم بالتنبؤ يمكن أن يعدل ثابت التهدئة للوصول إلى قيمة ملائمة له لتحقيق الهدف فى الوصول إلى التنبؤ الأدق . والشكل رقم (٥ −٦) يوضح المقارنة بين الأوزان المعطاة لثابت التهدئة فى الفترات الماضية .

الشكل رقم (٥−٦) الأوزان المختلفة لثابت التهدئة (α)



ثانيًا : فى حالة إعطاء أهمية أكبر للبيانات الأقدم يتم استخدام ثابت تهدئة كبير ، وهذا يعنى ضمنًا قيمة أو أهمية أدنى للبيانات الأقدم . وبالعكس عند إعطاء أهمية أقل للبيانات الحالية وأهمية أكبر للبيانات الماضية يستخدم ثابت تهدئة ضئيل .

ثالثًا : فى الممارسة العملية يتم التوصل إلى قيمة ثابت التهدئة (α) من خلال التجربة على الفترات الماضية ، واحتساب أخطاء التنبؤ يساعد على التعديل الملائم لقيمة (α) .

المثال (٥–٧) :

تتوفر لدى مدير المصنع بيانات عن الطلب فى (٦) فترات ماضية ويرغب فى استخدام التهدئة الأسية فى التنبؤ بالطلب للفترة السابعة ، وقد افترض أن الطلب المتوقع فى الفترة الأولى كان (٦٠) ألف وحدة ، ويحاول اختبار قيمتين لثابت التهدئة (٠,١) و (٠,٧) .

الفترة	الطلب (ألف وحدة)	التنبؤ (α = ٠,١)	التنبؤ (α = ٠,٧)
١	٦٥	٦٠	٦٠
٢	٧٥	٦٠ + ٠,١ (٦٥ – ٦٠) = ٦٠,٥	٦٠+ ٠,٧(٦٥–٦٠) =٦٣,٥
٣	٨٥	٦٠,٥ + ٠,١ (٧٥ – ٦٠,٥) = ٦١,٩٥	٦٣,٥+ ٠,٧(٧٥–٦٣,٥) = ٧١,٥٥
٤	٩٥	٩١,٩٥ + ٠,١ (٨٥ – ٦١,٩٥) = ٦٤,٢٦	٧١,٥٥+ ٠,٧(٨٥–٧١,٥٥) = ٨٠,٩٧
٥	١١٠	٦٤,٢٦ + ٠,١ (٩٥ – ٦٤,٢٦) = ٦٧,٣٣	٨٠,٩٧+ ٠,٧(٩٥–٨٠,٩٧) = ٩٠,٧٩
٦	١٢٥	٦٧,٣٣ + ٠,١ (١١٠ – ٣,٣٣) = ٧١,٦٠	٩٠,٧٩+ ٠,٧(١١٠–٧٩,٧٩) = ١٠٤,٢٤
٧	–	٧١,٦٠ + ٠,١ (١٢٥ – ١,٦٠) = ٧٦,٩٤	١٠٤,٢٤+٠,٧(١٢٥–١٠٤,٢٤) = ١١٨,٧٧

يلاحظ أن التذبذبات (التغير فى الطلب) كبيرة ؛ مما يجعل ثابت التهدئة الضئيل غير ملائم ؛ لأنه يجعل خطأ التنبؤ (الفرق بين التنبؤ والطلب الفعلى) كبيرًا ؛ لهذا فإن ثابت التهدئة (٠,٧) أكثر ملاءمة من نظيره (٠,١) .

٥ - ٥ - المقارنة بين المتوسط المتحرك والتهدئة الأسية :

كما لاحظنا في الفقرات السابقة أن المتوسط المتحرك (Moving Average) والتهدئة الأسية (Exponential Smoothing) أسلوبان يستخدمان في التنبؤ ، ونعرض فيما يأتي للتشابهات والاختلافات بين الاثنين .

أولاً – التشابهات : هذه تتمثل في الآتي :

١- أن كليهما (المتوسط المتحرك والتهدئة الأسية) يفترض أن الطلب الأساسي مستقر ، أي يمكن تمثيله من خلال الثابت زائداً التذبذبات العشوائية ذات المتوسط الصفري .

٢- أن كليهما يعتمد على خصيصة المعلمة الواحدة ؛ فالمتوسط المتحرك يعتمد على (ن) ، أي عدد الفترات للمتوسط المتحرك ، والتهدئة الأسية تعتمد على ثابت التهدئة (α) ، وأن القيم الصغيرة لعدد فترات المتوسط (ن) أو القيم الكبيرة لثابت التهدئة (α) ينتجان التنبؤات التي تعطي وزناً أكبر للبيانات الحالية ، وأن القيم الكبيرة لـ(ن) والقيم الصغيرة لـ(α) تعطي وزناً أكبر للبيانات الماضية . كما أن (ن) الصغيرة و (α) قد تكونان أكثر استجابة للتغيرات في الطلب ، ولكنهما قد تنتجان أخطاء تنبؤ ذات تباين أكبر .

٣- أن كليهما يتعقبان خلف الاتجاه إذا كان موجوداً .

٤- أن القيم المتسقة لعدد فترات المتوسط (ن) وثابت التهدئة (α) تجعل الأسلوبين يؤديان إلى نفس التوزيع والتنبؤ ، ويجب أن يكون لهما بشكل أولي نفس مستوى الدقة ، ويتم تحقيق هذا الاتساق عندما :

α = ٢ / ن +١ .... (٥ –٩)

أو ن = ٢ – α \ α .... (٥ –١٠)

والمثال (٥–٨) يوضح هذه النقطة .

ثانيًا – الاختلافات :

١- إن تنبؤ المتوسط المتحرك هو المتوسط الموزون أو المرجّح لفترات (ن) الأخيرة من البيانات ، فى حين أن تنبؤ التهدئة الأسية يكون متوسطه موزونًا لكل نقاط البيانات السابقة (طالما ثابت التهدئة هو أقل من ١) . وقد تكون هذه ميزة فى المتوسط المتحرك ؛ لأن القيمة الشاذة أو البعيدة عن المركز كما فى البيانات والتى لاتكون ممثلة لمجتمع العينة ، تؤثر فى تنبؤ المتوسط المتحرك بعدد فترات (ن) فقط ، بينما أثر هذه القيمة البعيدة عن المركز يظل فى التهدئة الأسية فى جميع التنبؤات .

٢- عند استخدام المتوسط المتحرك يجب أن تتوفر نقاط البيانات للفترات (ن) ، فى حين أن التهدئة الأسية لا تحتاج إلا إلى التنبؤ السابق ، وهذه ميزة فى التهدئة الأسية ، وهو السبب فى شعبية هذا الأسلوب وانتشار استخدامه على نطاق واسع فى تخطيط الإنتاج .

مثال (٥–٨) :

يحاول قسم الرقابة على الجودة فى أحد المصانع التنبؤ بالتلف فى الفترة القادمة ، وكان يستخدم لهذا الغرض المتوسط المتحرك لثلاث فترات (م م٣) ، إلا أنه يسعى إلى استخدام التهدئة الأسية ، وبالاعتماد على عينة من البيانات المتعلقة بالتلف قام بتنظيم الجدول الآتى :

الفترة	٤	٥	٦	٧	٨	٩
وحدة	٧٤	٥٢	٥٨	٥٢	٥٨	٦٠

كان التلف المتوقع فى الفترة الرابعة (٧٠) وحدة ، والتلف الفعلى فى الفترة الثالثة (٦٤) وحدة ، وفى الفترة العاشرة (٦٦) وحدة .

المطلوب :

١- قارن بين أداء التنبؤ باستخدام (م م٣) والتهدئة الأسية عند (α = ٠,٧) وعلى أساس متوسط الانحرافات المطلقة .

٢- كيف يمكن تحقيق الاتساق فى دقة التنبؤ باستخدام (م م٣) والتهدئة الأسية ؟

الحل :

١- احتساب التنبؤ للفترات باستخدام (م م٣) والتهدئة الأسية والانحرافات (الأخطاء) المطلقة :

الفترات	التلف (وحدة)	م م٣		التهدئة الأسية	
		التنبؤ	الخطأ	التنبؤ	الخطأ
٤	٧٢	٦٧	٥	٧٠	٢
٥	٦٦	٦٥	١	٧١	٥
٦	٥٨	٦١	٣	٦٧	٩
٧	٦٠	٥٨	٢	٦١	١
٨	٥٧	٥٦	١	٦٠	٣
٩	٥٦	٦٠	٤	٥٨	٢
المجموع			١٦		٢٢

إن متوسط الأخطاء المطلقة هو (٢,٧) للمتوسط المتحرك لثلاث فترات ، و (٣,٧) للتهدئة الأسية ؛ مما يعنى أن المتوسط المتحرك لثلاث فترات هو الأفضل لهذه السلسلة من البيانات .

٢- لتحقيق الاتساق يمكن أن نستخدم إحدى المعادلتين (٥-٩) أو (٥-١٠) لتحديد قيمة (ن) المتسقة مع (α = ٠,٧) ، أو لتحديد قيمة (α) المتسقة مع (ن = ٣) وهى كالآتى :

α = ٢ \ ن-١ = α ٢ \ ٣+١ = ٠,٥

أو ن = ٢ - ٠,٧ \ ٠,٧ = ١,٨٦ ٢

٥-٦ التنبؤ بالطلب الموسمى :

إن الكثير من الظواهر تتغير بنمط موسمى والتغيرات الجوية مثال على التغير فى مواسم (فصول) الصيف والشتاء ، وإن الكثير من المنتجات والخدمات تتأثر بهذه

التغيرات وتكون ذات نمط موسمي في التغير ، كما في المنتجات الرياضية المستخدمة في الصيف (لوازم السباحة) وفي الشتاء (لوازم التزلج) . مع ملاحظة أن نمط التغير الموسمي لا يفترض أن يكون خلال فترة سنوية ، وإنما قد يكون خلال اليوم الواحد ، والمثال على ذلك تدفق السيارات في الشوارع خلال اليوم حيث هناك فترات ذروة بالطلب على خدمات المرور عند بداية الدوام صباحًا وعند نهايته بعد الظهر ، وفترات الركود في ساعات اليوم الأخرى ، أو يكون خلال أيام الأسبوع كما في الطلب على خدمات المطاعم الراقية ؛ حيث تكون فترات الذروة في يومي الخميس والجمعة وفترات الركود في أيام الأسبوع الأخرى ، أو يكون خلال السنة كما في الطلب على المنتجات الموسمية .

وتستفيد إدارة العمليات من معرفة نمط الطلب الموسمي من أجل توجيه الخطة الإنتاجية لتحقيق الاستجابة الأفضل للطلب في السوق في فترات ذروة الطلب وتجنب المخزون الزائد في فترات الركود . ومن أجل التنبؤ بالطلب الموسمي ؛ يمكن استخدام أسلوب المربعات الصغرى ، والمثال (٥-٩) يوضح هذا الأسلوب .

المثال (٥-٩) :

في الجدول الآتي ، الطلب الفصلي على المنتوج خلال الفترة (١٩٩٤-١٩٩٨م) .
المطلوب : التنبؤ بالطلب الموسمي على هذا المنتوج في سنة ١٩٩٩م .

الفصول	١٩٩٤	١٩٩٥	١٩٩٦	١٩٩٧	١٩٩٨
١	٢٠	٢٢	٢٥	٢١	٢٤
٢	٤٥	٥٠	٤٨	٤٩	٥٤
٣	٦٠	٦٥	٦٨	٦٥	٧٠
٤	٣٠	٢٨	٣٤	٣٥	٣٢

الحل :

أ- التوصل إلى معادلة الخط المستقيم (ص = أ + ب س) للطلب الموسمي خلال الفترة (١٩٩٤-١٩٩٨م) .

ب - استخدام معادلة الخط المستقيم بعد التوصل إلى قيم الثوابت (أ) و(ب) لاحتساب قيم الطلب الاتجاهية لفصول الفترة ١٩٩٤ - ١٩٩٨م .

ج - احتساب الدليل الموسمى الذى يمثل نسبة الطلب الموسمى الفعلى إلى الطلب الموسمى الاتجاهى والجدول أدناه يوضح هذه الخطوات .

السنوات	الفصول	الطلب (ص)	س	س٢	س ص	قيم الطلب الاتجاهية	نسبة التحقق (٪)
١٩٩٤	١	٢٠	١	١	٢٠	٤٠,٣٥	٥٠ (٪)
	٢	٤٥	٢	٤	٩٠	٤٠,٥٥	١١١
	٣	٦٠	٣	٩	١٨٠	٤٠,٧٥	١٤٧
	٤	٣٠	٤	١٦	١٢٠	٤٠,٩٥	٧٣
١٩٩٥	١	٢٢	٥	٢٥	١١٠	٤١,١٥	٥٣
	٢	٥٠	٦	٣٦	٣٠٠	٤١,٣٥	١٢١
	٣	٦٥	٧	٤٩	٤٥٥	٤١,٥٥	١٥٦
	٤	٢٨	٨	٦٤	٢٢٤	٤١,٧٥	٦٧
١٩٩٦	١	٢٥	٩	٨١	٢٢٥	٤١,٩٥	٦٠
	٢	٤٨	١٠	١٠٠	٤٨٠	٤٢,١٥	١١٤
	٣	٦٨	١١	١٢١	٧٤٨	٤٢,٣٥	١٦١
	٤	٣٤	١٢	١٤٤	٤٠٨	٤٢,٥٥	٨٠
١٩٩٧	١	٢١	١٣	١٦٩	٢٧٣	٤٢,٧٥	٤٩
	٢	٤٩	١٤	١٩٦	٤٨٦	٤٢,٩٥	١١٤
	٣	٦٥	١٥	٢٢٥	٩٧٥	٤٣,١٥	١٥١
	٤	٣٥	١٦	٢٥٦	٥٦٠	٤٣,٣٥	٨١
١٩٩٨	١	٢٤	١٧	٢٨٩	٤٠٨	٤٣,٥٥	٥٥
	٢	٥٤	١٨	٣٢٤	٩٧٢	٤٣,٧٥	١٢٣
	٣	٧٠	١٩	٣٦١	١٣٣٠	٤٣,٩٥	١٥٩
	٤	٣٢	٢٠	٤٠٠	٦٤٠	٤٤,١٥	٧٢
المجموع		٨٤٥	٢١٠	٢٨٧٠	٩٠٠٤		

لاحتساب قيم الثوابت (أ) و(ب) ؛ نعوض فى معادلتى المربعات الصغرى (٥-٢) و(٥-٣) كالآتى :

٤٨٥ = ٢٠ أ + ٢١٠ ب (X ٥,١٠)

٩٠٠٤ = ٢١٠أ + ٢٨٧٠ ب

٨٨٧٢,٥ = ٢١٠أ + ٢٢٠٥ (بالطرح)

١٣١,٥ = ٦٦٥ ب

ب = ١٣١,٥ \ ٦٦٥

ب = ٠,٢

نعوض فى إحدى المعادلتين أعلاه عن قيمة (ب) :

٨٤٥ = ٢٠ أ + ٢١٠ (٠,٢)

٨٤٥ = ٢٠ أ − ٤٢

٨٤٥ − ٤٢ = ٢٠ أ

أ = ٨٠٣ \ ٢٠

أ = ٤٠,١٥

إن معادلة الخط المستقيم بعد تحديد قيم الثوابت (أ) و (ب) تصبح :

ص = ٤٠,١٥ + ٠,٢ س

نحسب قيم الطلب الاتجاهية ، وذلك باستخدام معادلة الخط المستقيم حيث إن :

ص* = قيمة الطلب الاتجاهية للفصل .

س = تسلسل الفصل فى الفترة .

إذن :

ص*١ = ٤٠,١٥ + (٠,٢ X ١) = ٤٠,٣٥

ص*٢ = ٤٠,١٥ + (٠,٢ X ٢) = ٤٠,٥٥

ص*٣ = ٤٠,١٥ + (٠,٢ X ٢) = ٤٠,٧٥

وهكذا حتى الفصل الأخير فى السنة ١٩٩٨م ، والنتائج تظهر فى الجدول السابق .

د- احتساب المتوسط لنسب التحقق لكل فصل وهى كالآتى :

الفصول	النسبة					متوسط نسب التحقق
	١٩٩٤	١٩٩٥	١٩٩٦	١٩٩٧	١٩٩٨	
١	٥٠	٥٣	٦٠	٤٩	٥٥	٥٣,٤
٢	١١١	١٢١	١١٤	١١٤	١٢٣	١١٦,٦
٣	١٤٧	١٥٦	١٦١	١٥١	١٥٩	١٥٤,٨
٤	٧٣	٦٧	٨٠	٨١	٧٢	٧٤,٦

هـ - نحسب قيم الطلب الاتجاهية للفصول الأربعة لسنة ١٩٩٩م :

الفصل (١) / سنة ١٩٩٩ = ٤٠,١٥ + (٢١ x ٠,٢) = ٤٤,٢٥

الفصل (٢) / سنة ١٩٩٩ = ٤٠,١٥ + (٢٢ x ٠,٢) = ٤٤,٥٥

الفصل (٣) / سنة ١٩٩٩ = ٤٠,١٥ + (٢٣ x ٠,٢) = ٤٤,٧٥

الفصل (٤) / سنة ١٩٩٩ = ٤٠,١٥ + (٢٤ x ٠,٢) = ٤٤,٩٥

و - أخيراً ، احتساب الطلب الموسمى المتوقع باستخدام الصيغة الآتية :

الطلب الموسمى المتوقع للفصل = قيمة الطلب الاتجاهية للفصل _ متوسط نسبة التحقق للفصل .

الطلب الموسمى المتوقع للفصل (١) / سنة ١٩٩٩ = ٤٤,٢٥ x ٠,٥٣٤ = ٢٤ ألف وحدة .

الطلب الموسمى المتوقع للفصل (٢) / سنة ١٩٩٩ = ٤٤,٥٥ x ١,١٦٦ = ٥٢ ألف وحدة .

الطلب الموسمى المتوقع للفصل (٣) / سنة ١٩٩٩ = ٤٤,٧٥ x ١,٥٤٨ = ٦٩ ألف وحدة .

الطلب الموسمى المتوقع للفصل (٤) / سنة ١٩٩٩ = ٤٤,٩٥ x ٠,٧٤٦ = ٣٣ ألف وحدة .

٥ - ٧- التنبؤ البؤرى (Focus Forecasting) :

قد يبدو للبعض أن أسلوب التنبؤ الأكثر تعقيداً يحقق دائماً التنبؤ الأفضل ، وكذلك قد يرى البعض أن هناك أسلوبًا أفضل للتنبؤ لكل المنتجات والخدمات . والواقع أن كلا الاعتقادين خاطئان ، واستناداً لهذا الإدراك قام (برن سمث B.Smith) مدير المخازن فى (American Hardware Supply) فى عام ١٩٧٨م بما يدعى بالتنبؤ البؤرى ، والذى يقوم على اختيار التنبؤ الأفضل من مجموعة التنبؤات المتولدة عن أساليب التنبؤ المتعددة البسيطة . لقد كان (سمث) مسؤولاً عن (١٠٠) ألف مادة مختلفة مشتراة من (٢١) شركة ، وكانت شركته فى الأصل تستخدم التهدئة الأسية مع طريقة معقدة للتنبؤ بالتذبذبات الموسمية . وقد استخدمت هذه التنبؤات لتحديد كميات الشراء ، وحدث الكثير من الأخطاء فى تحديد كميات التجهيزات نجمت عن عدم فهم البائعين للتهدئة الأسية ؛ مما أنتج مشتريات ومستويات زائدة من المخزون ؛ لهذا قام (سمث) بمسح الطرق المستخدمة للتنبؤ من قبل البائعين ، فوجد أن أحد البائعين يستخدم الزيادة فى الطلب الحالى لغرض التنبؤ بالطلب فى الفترة القادمة ، وآخر ببساطة يستخدم طلب الفترة الماضية كتنبؤ للفترة القادمة ، وثالثًا يستخدم طرقًا بسيطة مماثلة ، ولم يجد (سمث) سبباً للاعتقاد بأن أيًا من هذه الطرق هى الأفضل للمواد التى يتعامل بها .

لهذا وجد (سمث) أن يعتمد على الطرق المستخدمة فى التنبؤ من قبل البائعين وإضافة أساليب إحصائية أخرى ؛ ليشكل من سبعة أساليب للتنبؤ قاعدة للتنبؤ البؤرى . وبالاعتماد على الحاسبة يتم إعداد تنبؤات شهرية لكل مادة باستخدام الأساليب السابقة ؛ فتكون البيانات التاريخية نقطة البداية ، وتقيم التنبؤات وفق الأساليب السبعة ، ومن ثمة يتم اختيار الأسلوب الأفضل حسب الطلب الحالى على المادة ، ومن الممكن أن يختلف الأسلوب فى الشهر القادم لنفس المادة بسبب التغيرات .

إن الحاسبة شهرياً تطبع التنبؤات لكل مادة من (١٠٠) ألف مادة ، وإن البائعين يستفيدون منها ، ويمكن أن يتجاوزوا تنبؤ الحاسبة كمرونة فى استخدام الأساليب وتنبؤاتها . وأخيراً يرى (سمث) أن التنبؤ البؤرى يقدم تنبؤات قصيرة الأمد وفعالة وممتازة .

٥-٨ - اختيار الأسلوب الملائم للتنبؤ :

إن دراسة أساليب التنبؤ تشير إلى أن التطور يتجه نحو الأساليب الإحصائية والرياضية الأكثر تعقيداً ، وهذه الأساليب بقدر ما تتطلب جهداً وكلفة عالية ؛ فإنها تتطلب خبرة أكبر من المديرين لتحقيق الاستفادة الأفضل منها .

ولعل فى مقدمة المشكلات الناجمة عن تطور وتعدد أساليب التنبؤ هى مشكلة اختيار الأسلوب الملائم للتنبؤ ، ويمكن أن نحدد العوامل التى تساعد على وصف وتمييز أساليب التنبؤ المتاحة ؛ من أجل اختيار الاسلوب الملائم بالآتى :

أولاً - الأفق الزمنى :

إن الأساليب النوعية تستخدم للتنبؤ طويل الأمد ، بينما تستخدم الأساليب الكمية للتنبؤات قصيرة الأمد . وهناك جانب مهم يتعلق بالأفق الزمنى يتمثل فى عدد الفترات التى يراد التنبؤ بها ؛ فبعض الأساليب (كالمتوسط المتحرك والتهدئة الأسية) يكون ملائمًا للتنبؤ لفترة واحدة ، والبعض الآخر (كالمربعات الصغرى) ملائم للتنبؤ لعدة فترات فى المستقبل . والجدول رقم (٥-٧) يوضح أن نسبة متوسط الانحرافات المطلقة تتزايد مع طول الأفق الزمنى للتنبؤ، وضمن الأفق الزمنى الواحد فإن التنبؤ بمجموعة المنتجات يكون أكثر دقة من المنتوج الواحد ؛ لهذا فإن المستوى التنظيمى الأعلى (التنبؤ التجميعى) يكون أكثر دقة من المستوى التنظيمى الأدنى (تنبؤ تفصيلى) .

الجدول رقم (٥-٧) : نسبة متوسط الانحرافات المطلقة بالعلاقة مع أفق التخطيط والمستوى التنظيمى

المستوى التنظيمى	أفق التنبؤ		
	المدى القصير (٣ أشهر)	المدى المتوسط (٣ -٢٤ شهرًا)	المدى الطويل (أكثر من سنتين)
التنبؤ الصناعى	٨	١١	١٥
تنبؤ الشركة	٧	١١	١٨
تنبؤ مجموعة المنتجات	١٠	١٥	٢٠
تنبؤ خط المنتوج	١١	١٦	٢٠
تنبؤ المنتوج	١٦	٢١	٢٦

ثانيًا – نمط البيانات :

إن غالبية أساليب التنبؤ تفترض نوعًا من نمط بيانات التنبؤ ، فمثلاً بعض السلاسل الزمنية تكون ذات نمط موسمى ، والبعض الآخر قد يتسق ببساطة مع القيمة المتوسطة ؛ لهذا يكون من المهم ملاءمة النمط المفترض فى البيانات مع الأسلوب الملائم .

ثالثًا – الكلفة :

هناك ثلاثة عناصر مباشرة للكلفة يتم تحملها عند استخدام أسلوب التنبؤ هى : الاختبار والتطوير لأسلوب التنبؤ ، إعداد وتوفير البيانات ، والعملية الفعلية للتنبؤ . يضاف إلى ذلك أيضًا كلفة الفرصة البديلة لاستخدام أساليب أخرى لم يتم استخدامها ، وقد كشفت الدراسات العديدة عن تأثير الكلفة فى اختيار واستخدام هذه الأساليب .

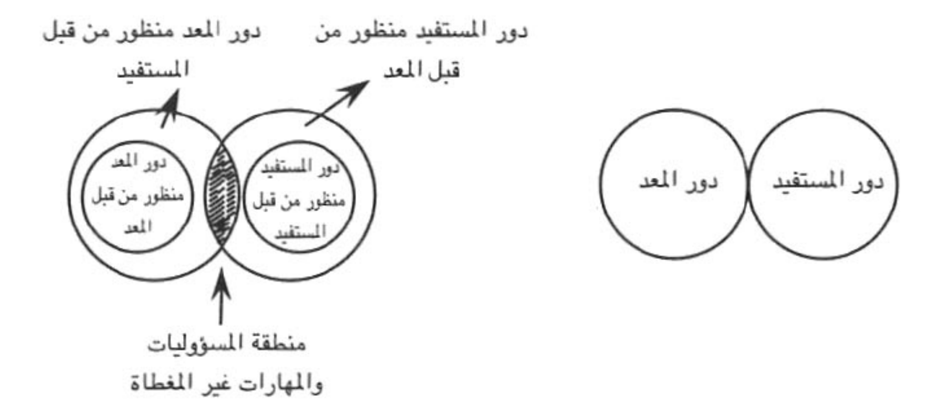
رابعًا – البساطة وسهولة التطبيق :

إن المبدأ العام فى مجال التنبؤ وتطبيق أساليبه هو أن الأساليب المستخدمة يجب أن تكون مفهومة من صانع القرار ؛ فلأن المدير هو المسؤول عن قراراته ؛ لهذا فإن التنبؤات التى لا تكون مفهومة من قبله وثقته بها محدودة لا يمكن أن يعول عليها الكثير . ومما يرتبط بهذا العامل مراعاة الفوارق الأساسية بين دورالمستفيد من التنبؤ ودور المعدّ للتنبؤ ، فليس غريبًا أن القدرة الفنية المتخصصة لمعدّ التنبؤ هى العنصر الأساسى لاختيار أسلوب التنبؤ ، وهذا الاختيار قد يعكس مشكلتين أساسيتين :

الأولى : أن أسلوب التنبؤ قد يكون ملائمًا لخبرة المعد ، وليس ملائمًا لحاجات وظروف المستفيد ؛ مما يجعل الأسلوب غير ملائم فى التطبيق والاستخدام .

الثانية : أن أسلوب التنبؤ قد يكون ملائمًا لخبرة المعد ، ولكنه ليس ملائمًا لقدرة المستفيد (مدير العمليات مثلاً) على فهم تفاصيله وجوانبه الفنية خاصة ، وأن كلاً من المعد والمستفيد قد يقلص دوره وواجباته حيال عملية التنبؤ وحيال بعضهما . ولتفسير ذلك فإن الشكل رقم (٥–٨–أ) يوضح مشكلة التنبؤ منظورة من قبل المستفيد والمعد ، فى حين أن الشكل رقم (٥–٨ –ب) يوضح إدراك كل من المستفيد والمعد لدوره ؛ مما يقلص دوريهما بشكل تنشأ معه منطقة مشتركة معتمة بينهما تكون غير مغطاة بالمسؤوليات والمهارات ، وتتسبب عادة فى الإخفاق فى عملية التنبؤ .

الشكل رقم (٥-٨) : الفوارق بين دور المعد والمستفيد



خامسًا - الدقة :

إن مما يرتبط بشكل محكم بالتفاصيل المطلوبة فى التنبؤ هو مستوى الدقة المطلوب ؛ ففى بعض الحالات فإن خطأ التنبؤ (± ١٠٪) قد يكون مقبولاً ، بينما فى حالات أخرى فإن الخطأ (٠.٥٪) قد يكون كارثة .

٥-٩- أخطاء التنبؤ :

إن خطأ التنبؤ يتحدد كفرق عددى بين الحصيلة المتوقعة (التنبؤ) والحصيلة الفعلية (الطلب) أى أن :

خطأ التنبؤ = التنبؤ - الطلب الفعلى .

إن التنبؤ الأفضل هو الذى يكون الخطأ فيه مساويًا للصفر أو قريبًا من ذلك ، والعكس صحيح ، حيث كلما زاد الخطأ قلت أهمية وفاعلية أسلوب أو نموذج التنبؤ ، ويمثل قياس فاعلية التنبؤ خطوة مهمة فى تقيم أسلوب التنبؤ . وهناك مقاييس عديدة يمكن استخدامها لهذا الغرض وإن كان لكلٍ منها مآخذه ومزاياه فى الحالات المختلفة .

أولاً : متوسط الخطأ (Mean Error)

هو مقياس التحيّز ، ويعتبر أحد مقاييس الدقة فى التنبؤات ، ويتم احتساب هذا المقياس وفق الصيغة الآتية :

متوسط الخطأ (التحيز) = مجـ (ت – ط) \ ن .... (٥-١١)

حيث ت = التنبؤ .

ط = الطلب الفعلى .

ن = عدد الفترات .

كلما اقترب متوسط الخطأ من الصفر كان التنبؤ أكثر دقة ؛ لأن هذا يعنى أن التنبؤ كان متطابقًا مع الطلب الفعلى أو قريبًا من ذلك ؛ إلا أن ثمة مشاكل تواجه هذا المقياس وتقلل من أهميته فى الاستخدام ، ومنها أن أخطاء التنبوء الموجبة تلغى أخطاء التنبؤ السالبة فى المجموع ؛ مما يخفى أخطاء التنبؤ ، والمثال (٥-١٠) يوضح ذلك .

مثال (٥ –١٠) :

التنبؤ أدناه بالطلب فى ستة أشهر مع الطلب الفعلى فيها .

المطلوب : احتساب متوسط الخطأ وتفسير النتيجة .

الشهر	١	٢	٣	٤	٥	٦
التنبؤ (وحدة)	١٩٠	١٧٠	١٤٠	١١٠	١٦٠	١٣٠
الطلب الفعلى (وحدة)	١٦٠	١٤٠	١٦٠	١٥٠	١٧٠	١٢٠

الحل :

مـجـموع أخطاء التنبـؤ = (١٩٠–١٦٠) + (١٧٠–١٤٠) + (١٤٠–١٦٠) + (١١٠–١٥٠) + (١٦٠–١٧٠) + (١٣٠–١٢٠) = صفر

إذن متوسط التنبؤ = صفر .

التفسير : يلاحظ أن هناك ثلاثة من أخطاء التنبؤ موجبة وثلاثة سالبة ، وبفعل تساوى مجموع الأخطاء الموجبة مع مجموع الأخطاء السالبة ؛ فقد أزال أحدهما الآخر ، وبالتالى أخفت النتيجة أخطاء التنبؤ فى الأشهر الستة .

ومن المشكلات الأخرى التى تواجه هذا المقياس هو إخفاء الانتشار المختلف لأخطاء التنبؤ . والشكل رقم (٥-٩) يوضح ثلاثة توزيعات لها نفس المتوسط ولكن انتشارها مختلف حيث إن التوزيع :

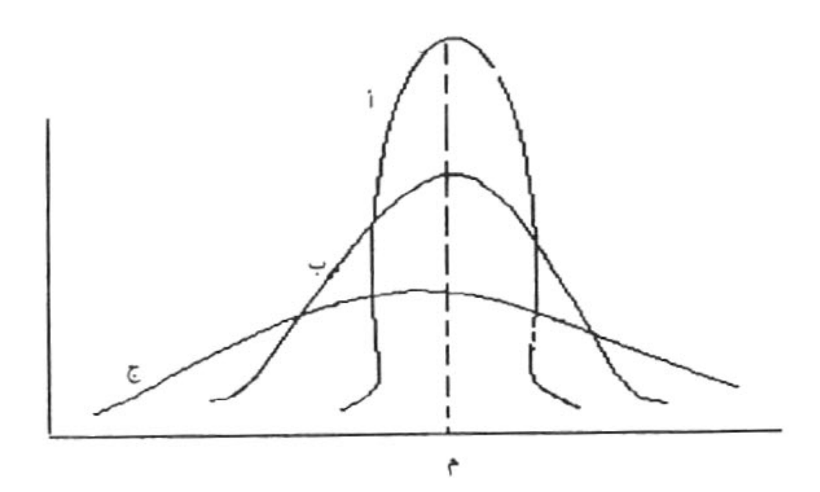
(أ) المتوسط أعلى والانتشار أقل .

(ب) المتوسط عالٍ والانتشار كبير نسبياً .

(ج) المتوسط أقل والانتشار أكبر .

وأن افتراض أى من التوزيعات على أنه يمثل التنبؤ ، والآخر يمثل الطلب الفعلى ؛ فإن مجموع الأخطاء يكون صفراً ، أى أن متوسط الخطأ يساوى صفراً ؛ رغم الانتشار المختلف بدرجة كبيرة ؛ مما يعنى أن أخطاء التنبؤ كبيرة .

الشكل رقم (٥-٩) : المتوسط متماثل والانتشار مختلف



ثانيًا : متوسط مربع الخطأ (Mean Squared Error) :

هذا المقياس يتجاوز أثر الإزالة فى المقياس السابق ؛ لهذا فإنه يستخدم على نطاق واسع ويحسب كالآتى :

متوسط مربع الخطأ = مجـ (ت – ط)^{٢} \ ن– ١ ....(٥–١٢)

ثالثًا : متوسط الانحرافات المطلقة (Mean Absolute Deviation) :

هو من المقاييس الواسعة الانتشار ؛ فبدلاً من استخدام تربيع الخطأ أوالانحراف (التنبؤ – الطلب) لتجاوز إزالة القيم الموجبة للقيم السابقة فى أخطاء التنبؤ – يتم استخدام القيمة المطلقة للخطأ ، ويرمز له | الخطأ | أو | التنبؤ – الطلب | ، وبهذه الطريقة تحول القيمة السالبة للخطأ إلى قيمة موجبة ، ويحسب هذا المقياس :

متوسط الانحرافات المطلقة = مجـ ت – ط \ ن .... (٥–١٣)

مثال (٥–١١) :

البيانات فى الجدول أدناه تمثل التنبؤ والطلب الفعلى فى (٨) فترات .

المطلوب :

١– احتساب متوسط الخطأ ، متوسط مربع الخطأ ، ومتوسط الانحرافات المطلقة .

٢– كيف يمكن لمدير العمليات الاستفادة من هذه المقاييس ؟ .

الشهر	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
التنبؤ (وحدة)	٢١٥	٢١٦	٢١٥	٢١٤	٢١١	٢١٤	٢١٧	٢١٦
الطلب الفعلى (وحدة)	٢١٧	٢١٣	٢١٦	٢١٠	٢١٣	٢١٩	٢١٦	٢١٢

الحل :

١- احتساب المقاييس الثلاثة :

الفترات	التنبؤ	الطلب الفعلى	الخطأ (ت - ط)	الخطأ المطلق | ت - ط |	مربع الخطأ $(ت - ط)^2$
١	٢١٥	٢١٧	٢-	٢	٤
٢	٢١٦	٢١٣	٣	٣	٩
٣	٢١٥	٢١٦	١-	١	١
٤	٢١٤	٢١٠	٤	٤	١٦
٥	٢١١	٢١٣	٢-	٢	٤
٦	٢١٤	٢١٩	٥-	٥	٢٥
٧	٢١٧	٢١٦	١	١	١
٨	٢١٦	٢١٢	٤	٤	١٦
المجموع			٢	٢٢	٧٦

متوسط الخطأ = ٢ \ ٨ = ٠,٢٥

متوسط مربع الخطأ = ٧٦ \ ٨-١ = ١٠,٨٦

متوسط الانحرافات المطلقة = ٢٢ \ ٨ = ٢,٧٥

يلاحظ أن متوسط الخطأ يقلص قيمة الأخطاء بفعل أثر الإزالة ، بينما متوسط مربع الخطأ أعطى قيمة أعلى للخطأ بفعل التربيع ، أما متوسط الانحرافات المطلقة ؛ فقد أعطى قيمة تقع بين الاثنين وهى قيمة أكثر تمثيلاً للأخطاء أو للانحرافات سواءً فى القيم الموجبة والسالبة .

٢- إن مدير العمليات عند استخدامه لهذه المقاييس يستطيع أن يقارن النتائج ويوظفها من أجل الاختيار الملائم لأسلوب التنبؤ أو لتعديل التنبؤ ، فعند استخدام التهدئة الأسية فإنه يستطيع أن يعدل ثابت التهدئة ؛ ليعطى قيمة أدنى لهذه المقاييس .

رابعًا : علامة التعقيب (Tracking Signal) :

إن التنبؤ يمكن أن يستخدم عمومًا عندما تكون الأخطاء ناجمة عن التغيرات العشوائية ، وفى هذه الحالة يكون التنبؤ ملائمًا ؛ لهذا فإن معيار التقييم للتنبؤ عند الاختيار هو التأكد من أن الأخطاء الناجمة عن التنبؤ هى أخطاء عشوائية . ويتم تقييم التنبؤ فى هذه الحالة باستخدام علامة التعقيب أو ما يسمى بمخططات الرقابة أو السيطرة ، حيث تحدد الإدارة الحد الأعلى والحد الأدنى لأخطاء التنبؤ للسيطرة عليها ، وهذه الطريقة سهلة الاستخدام وتركز على نسبة أخطاء التنبؤ المتراكمة إلى القيمة المناظرة للانحرافات المطلقة ، وتحسب علامة التعقيب بإحدى الطريقتين :

$$\text{علامة التعقيب} = \frac{\text{متوسط أخطاء التنبؤ المتراكمة}}{\text{متوسط الانحرافات المطلقة}} \quad ....(٥ - ١٤)$$

أو

$$\text{علامة التعقيب} = \frac{\text{مجـ}\ (\text{ت} - \text{ط})}{\text{مجـ}\ |\ \text{ت} - \text{ط}\ |} \quad ....(٥ - ١٥)$$

ولأغراض التطبيق فإن الإدارة تستخدم حداً أعلى وحداً أدنى (كمخطط رقابة) فى علامة التعقيب . فإذا كان التنبؤ فى كل فترة يتجاوز الحد الأعلى أو الأدنى ؛ فهذا يعنى أن التنبؤ بحاجة إلى تعديل . وعادة ما تستخدم الإدارة قيمة حرجة مثلاً (± ٠,٧) كعلامة تعقيب ، ومن ثم يتم احتساب علامة التعقيب لكل فترة ؛ فإذا تجاوزت القيمة الحرجة ؛ فهذا يكون مؤشراً وعلامة دالة على حاجة التنبؤ إلى التعديل والتنبؤ الأفضل يكون عندما تأخذ علامة التعقيب قيمة صفر أو ما يقترب منه ، والمثال (٥-١٢) يوضح ذلك .

مثال (٥ -١٢) :

الآتى بيانات تتعلق بالتنبؤ والطلب الفعلى لخمس فترات ، وقد اعتمدت الإدارة قيمة (± ٠,٥) لعلامة التعقيب .

الفترة	١	٢	٣	٤	٥
التنبؤ	١٠	٢٠	٣٠	٥٠	٥٠
الطلب الفعلى	١١	١٩	٣١	٤١	٥٢

المطلوب : تقييم التنبؤ وتحديد هل هناك حاجة لتعديله باستخدام علامة التعقيب .

الحل :

احتساب علامة التعقيب للفترات الخمس :

<table>
<tr><th>الفترة</th><th>التنبؤ
(ت)</th><th>الطلب الفعلى
(ط)</th><th>(ت – ط)</th><th>| ت – ط |</th><th>مجـ
(ت – ط)</th><th>مجـ
| ت – ط |</th><th>علامة التعقيب
للفترة</th></tr>
<tr><td>١</td><td>١١</td><td>١٠</td><td>١</td><td>١</td><td>١</td><td>١</td><td>١,٠٠</td></tr>
<tr><td>٢</td><td>١٩</td><td>٢٠</td><td>١-</td><td>١</td><td>صفر</td><td>٢</td><td>٠,٠٠</td></tr>
<tr><td>٣</td><td>٣١</td><td>٣٠</td><td>١</td><td>١</td><td>١</td><td>٣</td><td>٠,٣٣</td></tr>
<tr><td>٤</td><td>٤١</td><td>٥٠</td><td>٩-</td><td>٩</td><td>٨-</td><td>١٢</td><td>٠,٦٧-</td></tr>
<tr><td>٥</td><td>٥٢</td><td>٦٠</td><td>٨-</td><td>٨</td><td>١٦-</td><td>٢٠</td><td>٠,٨٠-</td></tr>
</table>

فى ضوء ما حددته الإدارة من قيمة لعلامة التعقيب (± ٠,٥) ، نلاحظ من الجدول أعلاه أن هناك فترات فيها علامة التعقيب أقل من (± ٠,٥) وهى الفترات (٢) و(٣) ، بينما هناك فترات علامة التعقيب فيها أكبر من (± ٠,٥) كما فى الفترات (١) (٤) و(٥) ؛ مما يعنى أن نموذج التنبؤ بحاجة إلى إعادة فحص واختبار .

خامسًا : مقاييس أخرى :

إلى جانب المقاييس الأربعة السابقة وهى الأكثر استخدامًا توجد مقاييس أخرى نشير لها بإيجاز :

أ- نسبة الخطأ ، وتحسب كالآتى :

نسبة الخطأ = [(ت–ط) \ ت] x ١٠٠ .... (٥ – ١٦)

ب – نسبة المتوسط المطلق للخطأ ، ويحسب نسبة المتوسط المطلق للخطأ = مجـ | ت–ط | \ ن

ج – نسبة متوسط الخطأ ، ويحسب :

نسبة متوسط الخطأ = مجـ (ت-ط) \ ن

د- الانحراف المعيارى للأخطاء ويحسب :

الانحراف المعيارى للأخطاء = $\sqrt{\text{مجـ (ت – ط)}^2 \text{ \ ن}^{-1}}$

٥-١٠- التنبؤ بمساندة الحاسبة :

إن التنبؤ بمساندة الحاسبة يمثل تطورًا اعتياديًا لاستخدامات الحاسبة . وتتوفر اليوم أنظمة عديدة لمساعدة المديرين ومحللى التنبؤ ، والبرنامج المعروف (CENSUS X-11) متاح لدى مكتب التعداد الأمريكى والذى يستخدم المتوسط المتحرك مع الأخذ بالاعتبار الاتجاه والعوامل الموسمية فى التحليل والتنبؤ فى السلاسل الزمنية . وهناك أيضًا مكتبة برامج التنبؤ التفاعلية على الحاسبة وتدعى (SIBYL/RUNNER) وهى تشمل (٢٠) أسلوبًا من أساليب التنبؤ الشائعة ، وتتكون من جزأين ، الأول : يدرس البيانات التاريخية بهدف تحديد النمط الذى تأخذه تلك البيانات ، والثانى : يستخدم أسلوبًا معينًا للتنبؤ بالاعتماد على النمط الذى تم تحديده فى الجزء الأول .

كما أن شركة (IBM) الأمريكية قدمت برنامج (INFORM) الذى يستخدم طريقة التهدئة الأسية ، وهناك أيضًا الحزم الإحصائية القياسية ، وفى مقدمتها الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية المعروفة (SPSS) ، إضافة إلى طرق أخرى مثل (SAS) و(BMDP) والتى تغطى بشكل جيد أساليب التنبؤ السببية . ولابد من التأكيد على أن الحاسبة بقدر ما أخذت تجعل التنبؤ بالأساليب الكمية أسهل وأسرع ؛ فإنها تساعد على استخدام الأساليب الأكثر تعقيدًا والأكثر دقة فى التنبؤ ، إلا أن هذا لايعنى بأى حال أن الحاسبة ستلغى الحاجة إلى الأساليب النوعية ؛ لأن حدس المديرين وخبرتهم تظل ضرورية فى حالات كثيرة .

الأسئلة :

١- كيف يمكن للشركات الجديدة أن تقوم بالتنبؤ بالطلب على منتوجها فى السوق ؟

٢- لماذا لا يمكن اعتبار التنبؤ عملاً عشوائيًا . وضح أبعاد ذلك فى ضوء السمات العامة للتنبؤات ؟

٣- وضح مايأتى :

- ضوضاء عالية . - نمط الطلب الدائرى . - الاتجاه . - استقرار الطلب .

٤- كيف يمكن تفسير مبادلة الكلفة / الدقة فى التنبؤ موضحًا ذلك فى ضوء مستويات الدقة المتباينة لأساليب التنبؤ ؟

٥- ماهى الظروف الأفضل لاستخدام ما يأتى :

أ - الأساليب النوعية .

ب - الأساليب الكمية .

٦- لقد تم تطوير طريقة دلفى فى مجال التنبؤ التكنولوجى طويل الأمد ، هل يمكن استخدام هذه الطريقة فى التنبؤ بالطلب فى الأمد القصير ، ولماذا ؟

٧- يعتبر خط الاتجاه العام عند رسمه بالطريقة البيانية "تقريبًا خطيًا " لتوزيع بيانات الطلب ، وضح كيف يمكن تحسين خط الاتجاه العام ليمثل بيانات الطلب ؟ .

٨- هل من الأفضل أن يكون عدد الفترات (ن) للمتوسط المتحرك كبيرًا أم صغيرًا وفى الحالتين الآتيتين ولماذا :

أ- تغيرات كبيرة فى الطلب .

ب - تغيرات متدرجة صغيرة فى الطلب .

٩- لماذا يستخدم معامل الارتباط ؟ ماهى مستويات تقييم العلاقة بين متغيرين باستخدام هذا المعامل ؟ وماذا تعنى قيمة معامل الارتباط السالبة والموجبة ؟

١٠- قارن بين المتوسط المتحرك والتهدئة الأسية ، وكيف يمكن تحقيق اتساق البيانات فى الاثنين ؟

١١- علل لما يأتى :

أ - إن التنبؤ بالطلب الموسمى يمكن أن يكون أفقه الزمنى يومًا أو أسبوعًا أو سنة .

ب- إن التنبؤ البؤرى قد لا يكون ذا جدوى فى الشركات الصغيرة .

١٢- قارن بين دور المستفيد ودور المعدّ للتنبؤ، وكيف يؤدى اختلاف الأدوار إلى سوء استخدام التنبؤ ؟

١٣- ماذا نعنى بخطأ التنبؤ ، وماهى مقاييس الفاعلية للتنبؤ؟ .

١٤- كيف يؤثر توفر برامج الحاسبة فى اختيار الأسلوب الملائم للتنبؤ ؟ .

التمارين :

١- فى الجدول أدناه بيانات الطلب على المصاعد فى سبع فترات :

الشهر	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
الطلب (الوحدة)	٤٢٠	٤١٥	٤٣٠	٤٤٥	٤٣٥	٤٥٠	٤٧٠

المطلوب : ما هو الطلب المتوقع فى الفترة الثامنة باستخدام :

أ- الطريقة البيانية لخط الاتجاه العام .

ب- المتوسط المتحرك لثلاث فترات .

ج- المربعات الصغرى .

د- التهدئة الأسية إذا كان الطلب المتوقع فى الفترة الأولى (٤٠٠) وحدة وكانت الشركة تستخدم قيمة (∝ = ٠,٧) .

٢- شركة الهلال الصناعية أجرت دراسة على طلب المكيفات والمبردات وقد توفرت البيانات الآتية عن الطلب عليهما خلال الفترة (١٩٩٢-١٩٩٨م) كما فى الجدول الآتى ، فإذا كان الطلب المتوقع على المبردات فى سنة ١٩٩٩م هو (١٤٠) ألفًا ، فما هو الطلب المتوقع على المكيفات فى هذه السنة باستخدام أسلوب المربعات الصغرى ؟

الشهر	١٩٩٢	١٩٩٣	١٩٩٤	١٩٩٥	١٩٩٦	١٩٩٧	١٩٩٨
الطلب على المبردات (بالآلاف)	٢٠٠	١٩٠	١٧٥	١٨٠	١٦٠	١٦٥	١٥٥
الطلب على المكيفات (بالآلاف)	٨٠	٨٥	١٠٠	٩٥	١٠٥	١١٥	١٢٠

٣- استخدم البيانات فى السؤال (١) لتحديد مايأتى : متوسط الخطأ ، مربع متوسط الخطأ ، متوسط الانحرافات المطلقة وعلامة التعقيب إذا كان التنبؤ فى الفترات السبع هو على التوالى (٤٠٠)(٤٥٠)(٤٤٠)(٤٦٠)(٤٦٥)(٤٥٠)(٤٦٠) .

٤- مدير العمليات فى مصنع كبير لإنتاج المضخات عليه أن يختار بين أسلوبين بديلين للتنبؤ ، وقد استخدم كلا الأسلوبين لإعداد تنبؤات لستة أشهر . ما هو الأسلوب الأفضل للتنبؤ باستخدام متوسط الانحرافات المطلقة ؟

الفترات		١	٢	٣	٤	٥	٦
الطلب (وحدة)		٢٦٠	٢٧٥	٢٨٠	٢٨٥	٢٩٠	٢٩٥
التنبؤ (وحدة)	الأسلوب الأول	٢٦٥	٢٧٢	٢٨٥	٢٩٢	٣٠٠	٣٢٠
	الأسلوب الثانى	٢٥٠	٢٦٤	٢٧٢	٢٧٥	٢٨٠	٢٨٢

المراجع :

١- محمد توفيق ماضى " تخطيط ومراقبة الإنتاج " المكتب العربى الحديث ، بدون مدينة ، ١٩٩٢م .

2- E.Adam Jr. & R.J.Ebert , Production and Operations Management, Printice - fall of India private Lmd . New Delhi 1993

3- J. Krajewski & B.Ritzman , Operations Management : Strategy and Analysis, Addison- Wesley Publishing Co. Reading , Massachusetts .1996 .

4- R. R Mayer , Production Management , McGraw-Hill ,New York ,1982.

5- S. Nahmias , Production and Operations Management ,Irwin , Homewood , Boston, 1989 .

6- R.G .Schroeder , Operations Management , McGraw-Hill Book Co. NewYork 1989 .

7- W.J.Stevenson , Production / Operations Management ,Irwin , Homewood Boston . 1990 .

8- S.C .Wheelwright & S.Makridakis , Forecasting Methods for Management , John Willy & Sons, New York .1985 .

الفصل السادس : المنتوج

٦-١ - المدخل .

٦-٢- مفهوم المنتوج والمنتوج الجديد .

٦-٣- إستراتيجية المنتوج .

٦-٤- تطوير المنتوج .

٦-٥- التبسيط والتنوع فى تطوير المنتجات .

أولاً : تبسيط المنتوج .

ثانيًا : تنوع المنتجات .

٦-٦- أساليب تطوير المنتجات .

أولاً : الطريقة البدهية .

ثانيًا : فريق المغامرة .

ثالثًا : دورة الابتكار .

٦-٧- دورة حياة المنتوج .

٦-٨- دورة حياة الخدمة .

٦-٩- العلاقة بين المنتوج / التشغيل .

٦-١٠- المنتوج ومنحنى التعلم .

٦-١١- التجربة اليابانية فى مجال المنتوج .

الأسئلة .

التمارين .

المراجع .

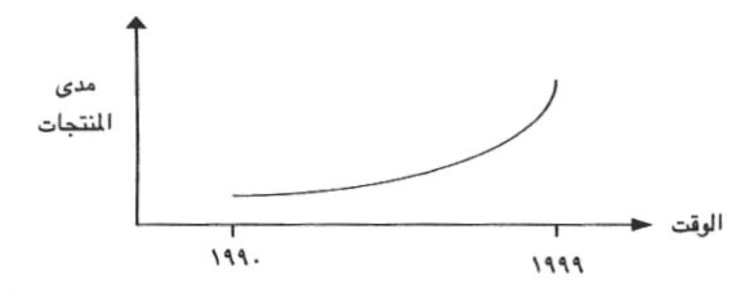


٦ - ١- المدخل :

إن السمة الأساسية لعصرنا الحديث هو التزايد المطرد فى المنتجات وتنوعها الكبير الذى يجعل الكثير من المختصين يعتبرون أن أبرز سمات هذا العصر هو ما يسمى بثورة المنتجات ؛ ففى كل يوم تتوالد منتجات جديدة من المنتجات القديمة . وفى كل فترة وجيزة تولد أساليب وطرق جديدة تختلف كثيراً عن الأساليب والطرق السابقة ، وفى كل فترة تبتكر منتجات جديدة لم يكن لها نظير فى السابق لتغير مجالات واسعة من المنتجات السابقة وإزاحتها من السوق . ولعل أقرب مثال على ذلك ابتكار الترانزيستور الذى أزاح من السوق مجموعات واسعة من المنتجات الكهربائية التى كانت تستخدم الصمامات المفرغة .

إن أهم ما يلاحظ على تطور المنتجات هو السرعة الكبيرة التى يتم فيها تطوير المنتجات الموجودة وإدخال المنتجات الجديدة ؛ مما جعل دورة حياة المنتجات أقصر مما كانت ، وإن عدد المنتجات الجديدة فى الفترة الحالية أكبر مما كان عليه فى الماضى بشكل لا يقارن . وإن تنافس الشركات فى ظل انفجار المنتجات الجديدة ؛ قد جعل دورة حياة المنتوج التى كانت تستمر لعدة سنوات فى الماضى أصبحت لا تستغرق إلا عدة أشهر ، والشكل رقم (٦ -١) يوضح انفجار المنتجات الجديدة والتزايد شبه الأسى لعدد هذه المنتجات فى الفترة الحالية ، فبعد أن كان تطور المنتجات بطيئًا فى بداية القرن العشرين ؛ أخذت سرعة هذا التطور بالتزايد لتصل ذروتها فى التسعينيات والشكل رقم (٦-١) يوضح ذلك .

الشكل رقم (٦-١) : انفجار المنتجات الجديدة



ولعل هذا كله هو الذى يجعل تطوير المنتجات فى الشركات الحديثة يمثل مهمة أساسية تضطلع بها وظيفة أساسية هى وظيفة البحث والتطوير شأنها شأن الوظائف الرئيسية الأخرى كالإنتاج والتسويق والمالية .

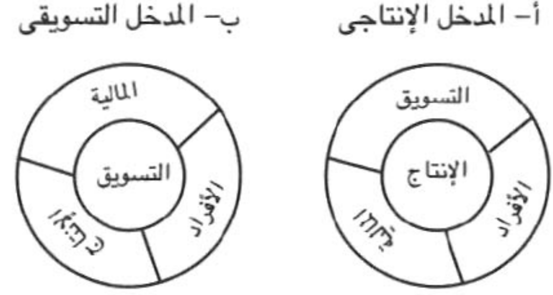
٦-٢ - مفهوم المنتوج والمنتوج الجديد

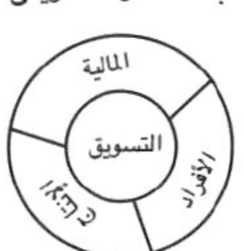
إن المنتوج هو دم الحياة الذى يحافظ على حيوية وتجدد الشركات ويعبر عن قدرتها الإنتاجية والتسويقية والابتكارية ، وهذا ما يجعل المنتوج أكثر من شىء يمكن إنتاجه ؛ لأنه يرتبط بقدرات مهمة أخرى لاتقل أهمية عن القدرة على إنتاجه ؛ لهذا فإن المنتوج فى الشركات الحديثة يعتبر عملية واسعة ومعقدة ابتداء من عملية البحث عن فكرة جديدة لمنتوج جديد وتصميم شكله وخصائصه ونماذجه التجريبية الأولى، وصولاً إلى تسويقه ومتابعة تطويره فى دورة حياته فى السوق وحتى تدهوره وخروجه من السوق ليحل محله منتوج آخر .

ويمكن تعريف المنتوج بأنه " مجموعة من الخصائص المادية والكيمياوية المجتمعة فى شكل محدد لإشباع حاجة معينة " كما يعرفه (كوتلر P.Kotler) تعريفًا موسعًا بأنه " الشىء الذى ينظر إليه على أنه قادر على إشباع حاجة أو رغبة ". ولابد من أن نشير إلى تطور مفهوم المنتوج ؛ ففى البدء كان المنتوج يخضع لحتمية الإنتاج ؛ حيث إن المنتوج يمثل مجموعة الخصائص الإنتاجية والجودة التى يمكن إنتاجها ، ولقد كان الزبون بعيداً عن الصورة وليس له دور فى هذه المرحلة ، وإن العبارة الشهير لـ(هنرى فورد Henry Ford) بأن الزبون حر فى أن يشترى أى سيارة يرغبها مادام لونها أسود ، تمثل هذا المدخل . إلا أن ظهور المنافسة واتساع تأثير الزبون فى اختيار المنتجات حسب حاجته ورغباته – قد أدى إلى الانتقال من المدخل الإنتاجى القائم على مبدأ إنتاج أقصى ما يمكن إنتاجه ، إلى المدخل التسويقى الذى يركز على الزبون أولاً مع اهتمام أدنى بالإنتاج وقدراته . ومثل هذا المدخل بقدر ما عالج الخلل فى المدخل الإنتاجى فى الاقتراب من الزبون إلا أنه هو الآخر قد بالغ فى التأكيد على الزبون بعيداً عن الاهتمام بالإنتاج وإمكاناته وقدراته فى الاستجابة المتطورة لحاجات الزبون، والشكل رقم (٦-٢) يوضح هذين المدخلين ، كما يوضح المدخل التكاملى فى المقطع (ج) الذى يجعل الزبون فى قلب الاهتمامات للوظائف الأساسية .

الشكل رقم (٦-٢) : المدخل التكاملى

أ- المدخل الإنتاجى ب- المدخل التسويقى ج- المدخل التكاملى







ومن أجل الوضوح فى التمييز بين كل من المدخل الإنتاجى (إنتاج ما يمكن بيعه) والمدخل التسويقى (إنتاج ما يمكن بيعه حتى ولو كان موضة) ، نشير إلى أن المدخل الإنتاجى يمكن أن يكون شعاره " لا تبع اللحمة وإنما بع الشريحة المصنوعة حسب المواصفات "، بينما المدخل التسويقى شعاره " لا تبع الشريحة وبع ما يئز " أى أن الشركة الناجحة لا تبيع المنتوج ، وإنما المنافع ، إلا أن المدخل التكاملى هو الذى يجمع بين مزايا المدخلين : الشريحة وما يصدر عنها من صوت يعجب الزبون عند القلى .

أما المنتوج الجديد فإنه يمثل هدفًا أساسيًا لعملية التطوير فى الشركات الحديثة ، ومن أجل تحديد مفهوم المنتوج الجديد نشير إلى أن هناك ثلاث فئات للمنتوج الجديد هى :

أولاً - المنتجات التى تكون مبتكرة وفريدة وحقيقية : ومن أمثلتها : علاج السرطان عند التوصل إليه حيث إن هذا العلاج لازال غير موجود حتى الآن ، والمنتجات فى هذه الفئة تختلف بشكل جوهرى عما هو موجود من منتجات ؛ فالترانزيستور يختلف جذريًا عن الصمامات المفرغة .

ثانيًا - تغييرات المنتجات الحالية : التى تؤدى إلى التمييز الواضح بينها كما فى تغيير القهوة سريعة الذوبان إلى القهوة النشيطة ، وتغيير الشوربة الجاهزة إلى الشوربة الجافة ، ويدخل ضمن هذه الفئة التغييرات فى النماذج السنوية للملابس .

ثالثًا – المنتجات المقلدة : التى تكون جديدة بالنسبة إلى الشركات التى تدخلها فى الإنتاج لأول مرة ، ولكنها لاتكون جديدة فى السوق ، وهذه الفئة من المنتجات يمكن أن تدعى " منتجات أنا أيضًا Me - too Products " .

لقد أكدت الدراسات الكثيرة التى أجريت على المنتجات على أن القسم الأكبر من المنتجات تواجه الإخفاق والفشل فى السوق ، وأن المنتوج الجديد الناجح يمثل حالة نادرة ، فمن بين كل (٢٥) منتوجًا جديدًا هناك منتوج واحد يكون ناجحًا فعليًا . وإذا ما أخذنا فى الاعتبار أن الفكرة الجديدة التى تتحول بنجاح إلى منتوج جديد هى أيضًا حالة نادرة؛ فلايمكن إدراك درجة المخاطرة العالية التى تكتنف عملية تطوير المنتجات الحالية وإدخال المنتجات الجديدة .

لهذا كله نجد أن الشركات تعمل على تطوير إستراتيجية المنتوج التى تتلاءم مع مواردها المالية وإمكاناتها التكنولوجية والبشرية وظروف السوق وإمكانات المنافسين الأساسية سواء فى الكلفة – السعر ، أو الخصائص الوظيفية أو الابتكار التكنولوجى ، أو الجودة العالية أو القدرة الكبيرة على تلبية حاجات الزبائن ؛ مما يجعل المنتوج الجديد هو الشكل الأكثر تطورًا وقدرة على تحقيق النجاح وتكون إستراتيجية المنتوج هى الموجّه الفعال نحو هذا النجاح .

٦ – ٣ – إستراتيجيات المنتوج :

إن قرار المنتوج الذى ستقوم الشركة بإنتاجه يعتبر قرارًا إستراتيجيًا ؛ لأن هذا القرار يرتبط باختيار قطاع الإنتاج وحجم المصنع ونمط الإنتاج والتنظيم الداخلى . ويترتب على قرار المنتوج غير الملائم كلفة عالية وآثار طويلة الأمد ؛ لهذا فإن القرار يعتمد عادة على دراسات معمقة اقتصادية وفنية . وفى سياق هذه الدراسة لابد من أن تحدد الشركة الإستراتيجية الملائمة التى ستعتمد عليها ، وبشكل عام يمكن تحديد أربع إستراتيجيات للمنتوج يمكن الاختيار من بينها حسب ظروف وإمكانات كل شركة ، وهذه الإستراتيجيات الأربع هى :

أولاً – الإستراتيجية الهجومية (Offensive Strategy) : تدعى أيضًا إستراتيجية قائد السوق وهذه الإستراتيجية تستهدف أن تكون الشركة هى الأولى فى

مجالها فى تطوير المنتجات الحالية وإدخال المنتجات الجديدة حيث تعمل على التوصل إلى الفكرة الجديدة والمنتوج الجديد بالاعتماد على قدرتها التكنولوجية مثل شركة (Texas Instruments) فى ترانزيستور السليكون ، وقبلها شركة سونى فى الترانزيستور بدلاً من الصمامات المفرغة ، وكذلك ما قامت به شركة ولكنستون فى الخمسينيات عندما غزت الأسواق بشفرات الحلاقة من الفولاذ الذى لا يصدأ ، وفى الستينيات قامت شركة (Texas Instruments) بغزو الأسواق بساعات إلكترونية رخيصة .

إن هذه الإستراتيجية تتطلب جهوداً كثيفة فى البحث والتطوير والتطبيقات الهندسية ؛ لأن القيادة الفنية تستلزم موارد كبيرة ومقدرة على تحمل مخاطر كبيرة لا يمكن تحملها إلا من قبل الشركات الكبيرة ، ومثل هذه الإستراتيجية لا تعتمد على الهيمنة على السوق فى مجالها بالاعتماد على الفن التكنولوجى وحسب ، إنما أيضًا القيام بإجراءات عدوانية للهيمنة على السوق باستخدام التسعير اعتماداً على منحنى التعلم الذى يكون سبباً فى خفض الكلفة كما سنوضح ذلك فى فقرة لاحقة .

ثانيًا – الإستراتيجية الدفاعية (Defensive Strategy) : تدعى أيضًا إستراتيجية اتباع القائد ؛ فلأن الإستراتيجية الأولى خطرة ومكلفة ؛ فإن الشركات تفضل تبنى وضعية دفاعية تمكنها من تجنب المخاطرة الناجمة من أن تكون الأولى فى السوق حيث الابتكار يحمل عدم التأكد فنيًا واقتصاديًا ؛ لهذا فإن الشركات تتبنى الإستراتيجية الدفاعية عندما تكون لديها القدرة على التطوير واللحاق بسرعة بالشركة القائدة أو الأولى فى السوق . وبهذه الطريقة فإن الشركة التى تتبنى هذه الإستراتيجية عندما يكون الابتكار خاسراً ، لن تخسر شيئًا ، وإذا كان رابحًا لدى الشركة القائدة فإنها تسعى إلى اللحاق بالأولى حيث تظل دائمًا هناك غنائم .

إن هذه الإستراتيجية – عكس الأولى – تتطلب قدرة ضئيلة على البحث إلا أنها تستلزم قدرة تطويرية وهندسية كبيرة تمكنها من الاستجابة الفنية السريعة للمنتوج المطور من قبل قادة السوق . ولقد اتبع كبار المنتجين الأوربيين فى مجال أشباه المواصلات مثل فيلبس وسيمنس وثومسون هذه الإستراتيجية إزاء أندادهم الأمريكيين، كما اتبعها اليابانيون فى الستينيات والسبعينيات .

ثالثًا – الإستراتيجية الموجهة للتطبيقات (The Application - Oriented Strategy) :

هذه الإستراتيجية تعتمد على قدرة الشركة الكبيرة على إدخال التعديلات على المنتوج الحالي وتكييفه ؛ ليخدم قسمًا محدوداً ومحدداً في السوق . وإن الشركة التي تتبع هذه الإستراتيجية وعادة هي من الشركات المتوسطة أو الصغيرة ، تدخل السوق في مرحلة نضوج المنتوج وتوجيهه من خلال التطوير نحو فئة معينة من السوق . وهذه الإستراتيجية تستلزم جهوداً ضئيلة في البحث والتطوير مع جهد قوي وكبير في هندسة الإنتاج .

رابعًا – إستراتيجية الإنتاج الكفء (The Efficient Production Strategy) :

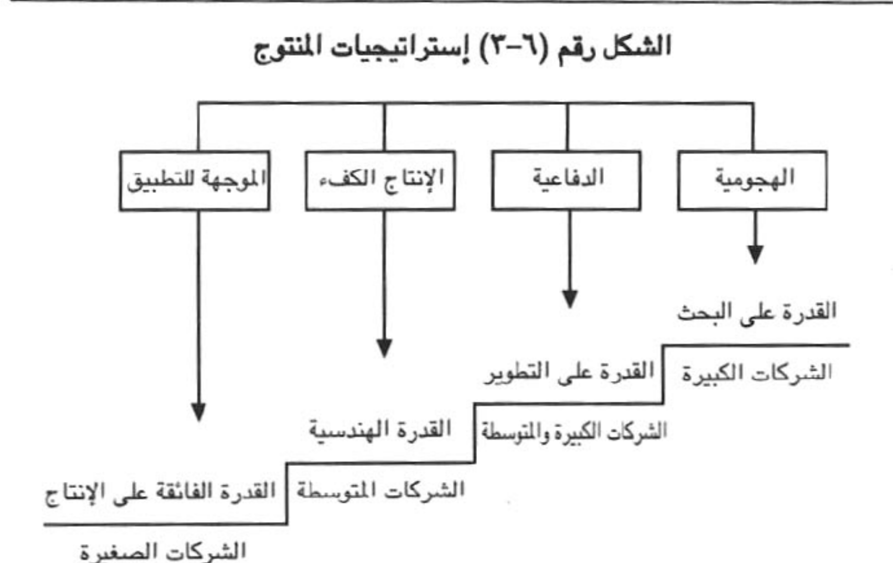
هذه الإستراتيجية تعتمد على كفاءة متفوقة في التصنيع والسيطرة على الكلف . وإن المنافسة بالسعر والتجهيز الفعال يكونان أكثر أهمية في هذه الإستراتيجية ، وإن الشركات الصغيرة التي تتبع هذه الإستراتيجية عادة تدخل السوق في مرحلة نضوج المنتوج . وفي مثل هذه الإستراتيجية جهود كبيرة في البحث والتطوير ، ولكن بالمقابل تستلزم جهوداً إنتاجية كبيرة وكفاءة عالية في السيطرة على الإنتاج . ويوضح الشكل رقم (٦-٣) هذه الإستراتيجيات ومستلزماتها الأساسية .

كما أن (شرويدر R.G.Schroeder) بالاعتماد على المداخل المختلفة قدم تحديداً آخر لإستراتيجيات المنتوج وهي كالآتي :

أولاً – إستراتيجية الدفع التكنولوجية (Technology - Push Strategy) :

حيث إن المنتوج يتم تطويره بالاعتماد أولاً على تكنولوجيا الإنتاج مع اهتمام أقل بالسوق . وفي هذه الإستراتيجية فإن محور التطوير هو الإنتاج وحدود القدرة الفنية، بينما وظيفة التسويق لا دور لها إلا خلق السوق لبيع المنتجات . وكما نلاحظ فإن هذه الإستراتيجية تعتمد على المدخل الإنتاجي الذي سبقت الإشارة إليه .

الشكل رقم (٦-٣) إستراتيجيات المنتوج



ثانيًا - إستراتيجية شد السوق (Market - Pull Strategy) : فى هذه الإستراتيجية فإن المنتوج يتم تطويره بالاعتماد أولاً على السوق مع أقل قدر من الاهتمام بالتكنولوجيا الموجودة وعمليات الإنتاج ، أى أن حاجات الزبون هى الأساس فى التطوير ، وهذا هو المدخل التسويقى .

ثالثًا - الرؤية الوظيفية المتبادلة (Interfunctional View) : إن المنتوج فيها يتم تطويره من خلال التفاعل الوظيفى القائم على التعاون والتنسيق والتكامل بين الوظائف المختلفة : الإنتاج ، التسويق ، المالية ، الهندسة ، .... إلخ . وهذه إستراتيجية رغم أنها الأفضل إلا أنها الأصعب فى التنفيذ بالنظر إلى التنافس بين الوظائف المختلفة .

إن الإستراتيجية المثلى للمنتوج لا يمكن تحديدها بشكل مطلق ، وإنما يمكن لكل شركة أن تحدد الإستراتيجية الملائمة حسب ظروفها الداخلية والخارجية وإمكاناتها وحجمها وطبيعة المجال الذى تعمل فيه ؛ مما يتطلب القيام بالتحليل العميق للبيئة الداخلية والخارجية ؛ من أجل تحديد الإستراتيجية الملائمة التى تحقق لها الميزة فى السوق .

٦-٤- تطوير المنتجات :

ليس هناك منتوج يمكن أن يستمر فى السوق لفترة طويلة بدون تغيير أو تطوير ، وإن الشركات الحديثة تدرك جيداً أن التغير التكنولوجى والتسويقى وكذلك التغير فى حاجات ورغبات الزبائن - يجعل من غير الممكن المحافظة على نفس الحصة والمركز فى السوق بالمنتوج الحالى بدون تغيير أو تعديل لفترة طويلة ؛ لهذا فالشركة التى لا تطور منتجاتها تواجه خطر التقادم ؛ لأن المنافسين سوف يطورون منتجاتهم ؛ ليجعلوا منتجات الشركات الأخرى خارج الاستعمال ، ويمكن أن نحدد الأسباب الأساسية المؤدية إلى تطوير الشركات لمنتجاتها كالآتى :

أ - **المنافسة** : لأن وجود المنافسة يخلق ضغوطاً متبادلة على جميع المنافسين من أجل التفوق ، وأن أحد الأساليب الأساسية فى هذا التفوق هو تطوير المنتجات ؛ لهذا فإن الشركات الحديثة فى سوق المنافسة لكى تحافظ على مركزها وحصتها السوقية؛ فلابد أن تكون لها خططها وبرامجها الواضحة فى هذا المجال .

ب - **تطور حاجات الزبون ونوعيتها** : ذلك لأن تحسن مستوى المعيشة والمستوى الثقافى عامة فى المجتمع يؤدى إلى تغير حاجات الفرد ونوعية الوسائل والمنتجات والخدمات المطلوبة لإشباعها ؛ مما يفرض على الشركات الحديثة متابعة هذه التغيرات فى حاجات وأذواق وطلبات الزبائن والاستجابة السريعة لها من خلال تطوير منتجات جديدة وتحسين المنتجات الحالية .

ج - **المساءلة القانونية** : إن المالكين وكذلك إدارة المصنع يكونون مسؤولين عن أية منتجات ذات جودة رديئة يمكن أن تضر بالصحة العامة ، أو تستخدم مواد أو تركيبات كيمياوية يحظرها القانون بعد ثبوت خطورتها على الإنسان أو البيئة ، وإزاء هذه الحالة فإن الإدارة تعمل جادة من أجل تحسن جودة المنتجات وتطوير منتجات جديدة تستخدم مواد وتركيبات كيمياوية جديدة أكثر أماناً وقبولاً لتجنب المساءلة القانونية .

د - **التطور التكنولوجى** : حيث إن التطور التكنولوجى السريع أدى إلى نتيجة واضحة هى تسارع ظهور واختفاء المنتجات وقصر دورة حياتها ؛ مما يفرض على

الشركات وضع برامج تطوير منتجاتها لتفادى تقادمها ، وتعتبر برامج البحث والتطوير (R&D) والأساليب الحديثة فى تطوير المنتجات مثل دورة الابتكار ـ مؤشرات واضحة على استجابة الشركات لهذا التطور وآثاره على سرعة تطور المنتجات فى ظل ما يسمى ثورة المنتجات .

إن هذه الأسباب وغيرها أدت إلى أن الشركات لم يعد بإمكانها الاختيار بين التطوير وعدم التطوير لمنتجاتها إذا ما أرادت التوسع أو البقاء فى السوق . وإن جميع الشركات الحديثة تضع برامجها المتقدمة والميزانيات الكبيرة وتستخدم ألمع الرجال والخبرات من أجل تطوير منتجاتها بالسرعة الكافية للبقاء فى السوق الذى أصبح أكثر عرضة للتغييرات المتسارعة والمفروضة من التشريعات الحكومية ، أو من الزبائن أو من الشركات المتنافسة نفسها .

كما أن الشركات الكبرى أخذت تستخدم ما يسمى بالتجسس الصناعى؛ من أجل الكشف عن برامج المنافسين فى مجال تطوير المنتجات واتباع أساليب التخابر الصناعى لجمع المعلومات عن هذه البرامج . وهذا ما يكشف حقيقة المخاطرة الكبيرة التى أصبحت تكتنف هذا المجال بعد أن أصبح تطور المنتجات هو السمة الأبرز فى السوق الحديثة . وإن التنافس فيها هو المجال الأكثر أهمية والتحدى الذى يجب أن تستعد له جميع الشركات الكبيرة والمتوسطة والصغيرة حسب ظروفها وإمكاناتها . ولعل هذا يفسر اهتمام هذه الشركات بأساليب تطوير المنتجات ودراستها للتوصل إلى الأسلوب الملائم حسب ظروفها وإمكاناتها .

٦ - ٥- التبسيط والتنوع فى تطوير المنتجات :

ثمة اتجاهان أساسيان فى تطوير المنتجات لابد من مراعاتهما وتحديد سياسة الشركة إزاءهما وهما :

أولاً : تبسيط المنتوج (Product Simplification) :

يشير تبسيط المنتوج إلى تحديد الدرجة المثلى لتنوع المنتوج ؛ حيث إن التنوع الزائد (زيادة عدد المنتجات المختلفة التى تقوم الشركة بإنتاجها) - يزيد الكلفة ، بينما

التنوع القليل يخفض المبيعات . فمن وجهة نظر الإنتاج فإن التنوع يزيد من أعباء الإنتاج والكلفة المرتبطة بذلك (مثل كلفة الجدولة والتصميم والإعداد وغيرها) . فى حين أن وجهة نظر التسويق تقوم على أن وجود عدد كبير من المنتجات يحسن الخدمة للزبون ؛ لأنه يوفر أمامه فرصة أكبر لاختيار المنتجات حسب حاجته مما يزيد من المبيعات ، وإن خفض التنوع بالمقارنة مع المنافسين لابد أن يؤدى إلى تقليص المبيعات ؛ لهذا لابد من الموازنة مابين تبسيط المنتوج (أى خفض عدد وأنوا ع المنتوجات) وتنوع المنتجات عند المستوى الأمثل الذى يضمن قدراً ملائماً من التبسيط والتنويع .

وبالإمكان استخدام تحليل باريتو (Pareto Analysis) أو ما يدعى بتحليل (أ ب ج) للتوصل إلى هذا المستوى؛ حيث إن النسبة الأكبر من المبيعات تأتى من عدد قليل من المنتجات (الفئة أ) التى ينبغى الحرص على إنتاجها مقابل تقليص التنوع الكبير فى فئتى المنتجات (ب) و (ج) التى رغم تنوعها الكبير لا تحقق إلا نسبة قليلة من المبيعات .

ولابد من الإشارة إلى أن التبسيط يمثل الميل إلى التخصص وهذا ما تعتمده الشركات الكبرى القائدة التى تسعى إلى الاستفادة من اقتصاديات الحجم بإنتاج عدد محدود من المنتجات (عدم التنوع) بكميات كبيرة جداً تساعد على تحقيق ميزة كلفة الوحدة الأدنى .

ثانيا - تنوع المنتجات (Product Diversification) :

إن تنوع المنتجات هو عكس التبسيط ؛ فهو يؤدى إلى زيادة عدد وأنوا ع المنتجات وتوالد خطوط الإنتاج . وقد يكون التنوع ضرورياً لأغراض المنافسة ، أو لاستقرار المبيعات فى المنتجات الموسمية أو عند وجود سعة زائدة أو عاطلة إضافة إلى حماية الشركة من المخاطرة الناجمة عن دخول منتوج أو أكثر مرحلة التدهور فى دورة حياة المنتجات ، إلا أن له عيوباً عديدة ؛ حيث إن الإنتاج يكون بكميات صغيرة (إنتاج الوجبة) وكلفة أعلى للعمل ، المواد ، كلفة الإعداد ، وازدياد المخزون (لدى المنتج والموزع وبائع المفرد)، إضافة إلى الكلفة الخفية فى العمل الورقى والحيز المكانى والشراء . وهذه العيوب تجعل من غيرالملائم المبالغة فى التنوع كما فى التبسيط الذى يجب فيه عدم المبالغة ؛ لأنه يحرم الشركة من المزايا الناجمة عن التنوع . وهناك ثلاثة أنوا ع للتنوع هى :

أ – التنوع الأفقى (Horizontal Diversification) : يشير إلى التوسع فى منتجات متشابهة ومتكاملة باستخدام نفس المعدات والمواد والعمال وقنوات التوزيع ، كما فى الصناعات الهندسية : الثلاجات ، الغسالات ، والمراوح ... إلخ .

ب – التنوع العمودى (Vertical Diversification) : هو التوسع بالصنع بدلاً من الشراء من خلال التكامل العمودى ، الذى قد يكون إلى الخلف باتجاه تجهيز المواد، أو إلى الأمام باتجاه قنوات التوزيع والبيع بالتجزئة أو المفرد .

ج – التنوع الجانبى (Lateral Diversification) : هو التوسع خارج مجال الصناعة المحدد وبعيداً عن المنتجات المتعلقة بذلك المجال من أجل استغلال الموارد المتاحة .

والسؤال الذى نطرحه فى هذا المجال هو : كيف يمكن تحديد المستوى الملائم أو الأمثل للتبسيط والتنوع بما يحقق أفضل النتائج على صعيد الكلفة وتحسين خدمة الزبون . ومن أجل الإجابة نشير إلى ما يأتى :

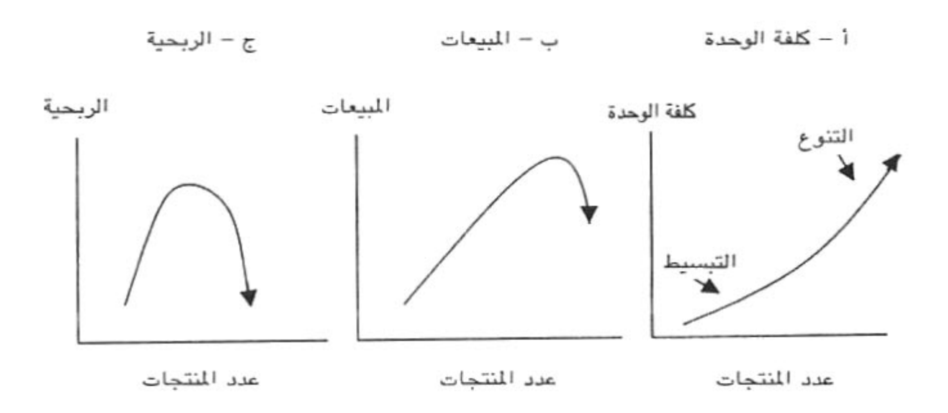
أولاً – المبادلة بين التبسيط / التنوع :

إن التبسيط يحمل ميزة أساسية تتمثل فى الاستفادة بدرجة أكبر من اقتصاديات الحجم وبالتالى تحقيق كلفة الوحدة الأدنى ، ولكنه من جانب آخر يحمل مخاطرة أعلى؛ لأنه يؤدى إلى مبيعات أقل عند وجود شركات منافسة ذات تنوع أكبر فى منتجاتها . وبالمقابل فإن التنوع يمنح ميزة أكبر فى خدمة الزبون ، لكنه يؤدى إلى كلفة أعلى للوحدة ، إضافة إلى أن التنوع الزائد يربك التسويق ويشتت الإمكانيات ، والشكل رقم (٦–٤ –أ) يوضح أنه مع التبسيط (عدد أقل من المنتجات) تكون كلفة الوحدة منخفضة والعكس مع التنوع .

كما أن الشكل رقم (٦ – ٤ –ب) يوضح أن المبيعات تزداد مع التنوع حتى تصل إلى مستوى معين ، ثم تبدأ فى الانخفاض ؛ لأن الكلفة تبدأ بالتزايد بشكل لا يقنع الزبون رغم التنوع فتبتدأ المبيعات فى التناقص كما يظهر فى هذا الشكل .

فى الشكل (٦ – ٤ – ج) نجد أن الربحية مع التنوع وزيادة عدد المنتجات تأخذ فى الزيادة ، حتى تصل إلى مستوى معين تبدأ بعدها بالانخفاض بسبب انخفاض المبيعات الناجم عن تزايد كلفة الوحدة جراء التنوع الزائد ، ولابد من ملاحظة أن أعلى مستوى للمبيعات ، وبالتالى أعلى مستوى من الربحية يمثل المستوى الملائم ، وربما الأمثل للمبادلة المطلوبة بين التبسيط والتنوع .

الشكل رقم (٦ – ٤) : مبادلة التبسيط والتنوع



ثانيا – التصميم المركب :

إن التصميم المركب أسلوب فعال لمعالجة المشكلات الناجمة عن التنوع فى المنتجات (والكلفة العالية والإنتاج المحدود) ؛ حيث إنه يجعل من الممكن امتلاك تنوع أكبر فى المنتجات النهائية وتنوع أقل (أى تبسيط أكبر) فى المكونات والأجزاء فى نفس الوقت . والفكرة الأساسية لهذا الأسلوب هى تطوير مجموعة من أجزاء المنتوج الأساس (المنتوج المركب) التى يمكن تجميعها فى عدد لا محدود من التوافقيات أو التراكيب بما يحقق فى كل توافقية أو تركيبية نموذجًا جديدًا من المنتوج ، وبهذه الطريقة يحصل الزبون على عدد أكبر من المنتجات المتنوعة .

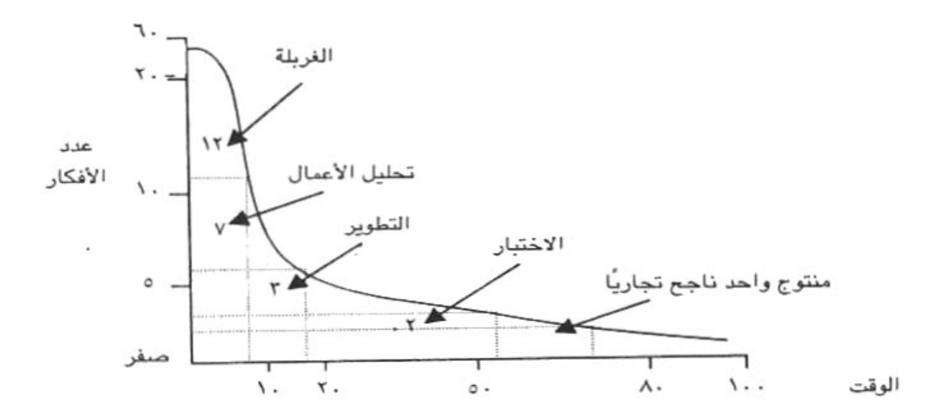
لقد تم التوصل إلى هذا الأسلوب من تجربة قام بها طلبة جامعة هارفرد فى مجال صناعة الأسرّة ؛ فقد وجد الطلبة فى عملية تصنيع الأسرّة أن هناك (٥٠٪) من التشكيلات المنتجة مبيعاتها (٣٪) فقط . ولمعالجة مشكلة التنوع الزائد اقترحوا (٤) أنواع رئيسية من الأسرة : اعتيادية لشخص واحد ، اعتيادية لشخصين ، درجة ممتازة لشخص واحد ، درجة ممتازة لشخصين . وفى إعداد الحشية تم تحديد (٣) أنواع من النوابض و(٣) أنواع من سمك الحشية و (٨) أنواع من ألوان وتصاميم الحشية . وبهذا التنوع المحدود يمكن التوصل إلى عدد كبير من التشكيلات ، وفى مثال الأسرّة فإن عدد التشكيلات المحتمل هو (٢٨٨) تشكيلة (٤ حجوم x ٣ نوابض x ٣ حشيات x ٨ ألوان وتصاميم) . ويمكن أن نلاحظ بسهولة أنه ليس كل التشكيلات ستنتج لأن هذا غير مقبول ، فمثلاً نابض ضعيف يستخدم لسرير لشخص واحد لايمكن استخدامه فى سرير لشخصين ، وكذلك حشية سميكة لا تستخدم فى سرير لشخص واحد ؛ مما يقلص التشكيلات . وبهذا الأسلوب يتحقق التنوع والتبسيط للإنتاج بحجم كبير ولأجزاء قياسية .

٦-٦ - أساليب تطوير المنتجات :

تعتبر دراسة أساليب تطوير المنتجات مهمة ؛ لأنه ليس هناك أسلوب واحد يلائم جميع الشركات ، كما أن الدراسات كشفت أن هذه الأساليب تتباين فى قدرتها على تحقيق أهداف الشركات فى تطوير منتجاتها الحالية والتوصل إلى منتجات جديدة ، وكذلك لأن عملية المنتجات نفسها عملية معقدة وتستلزم مراحل متعددة تؤثر بشكل كبير على نجاح الأفكار الجديدة ووصولها إلى السوق كمنتجات جديدة . ويوضح الشكل رقم (٦ -٥) كما أشار (شرويدر R.G.Schroeder) أن من بين (٥٨) فكرة جديدة قدمت لتطوير المنتجات كانت هناك (١٢) فكرة صالحة بعد عملية الغربلة ، منها (٧) فكرات فقط صالحة وملائمة فى ضوء تحليل الأعمال ، ومنها (٣) فكرات صالحة للتطوير ، وفكرتان فقط بقيتا ملائمتين بعد الاختبار ؛ ليخرج منها فى النهاية منتوج واحد يمكن أن يكون ناجحًا من الناحية التجارية ؛ مما يكشف درجة التعقيد أو الصعوبة فى عملية تحويل فكرة جديدة من الورق والمخططات إلى منتوج يتم تسويقه

بنجاح فى السوق ورغم وجود عدد كبير من أساليب تطوير المنتجات حسب تجارب الشركات ، إلا أننا سنعرض لثلاثة أساليب مهمة لتطوير المنتجات وهى كالآتى :

الشكل رقم (٦–٥) : مراحل تطوير المنتوج الجديد

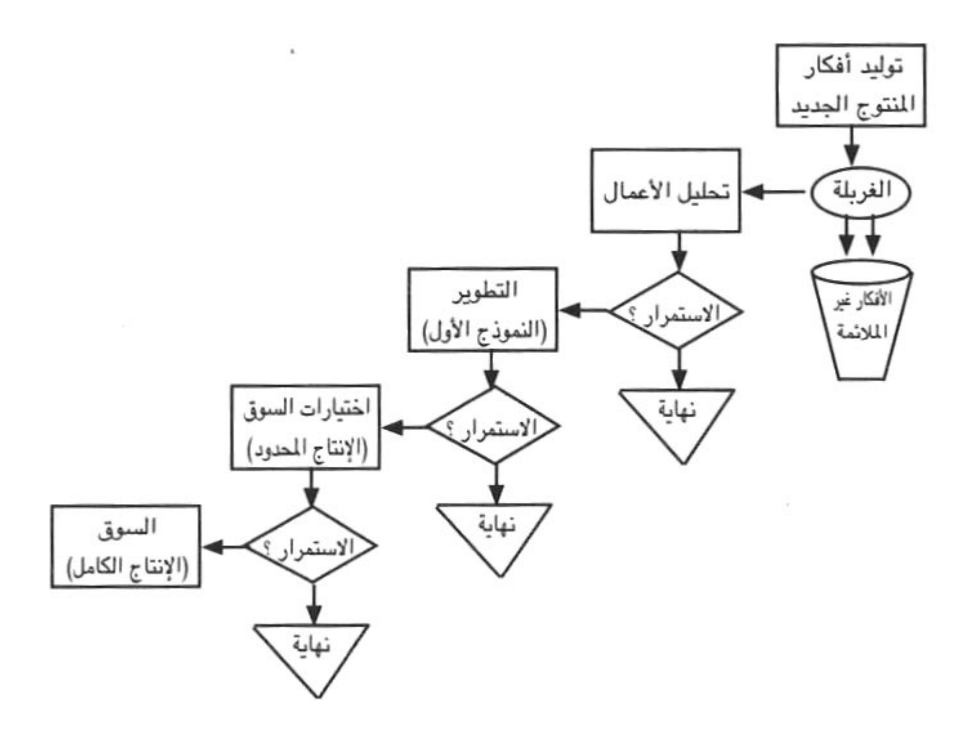


أولاً - الطريقة البدهية (Intuitive Method) :

إن هذه الطريقة تعتبر تجريبية ؛ لأنها لاتحدد أسلوبًا محدداً للحصول على الأفكار الجديدة ، وإنما هى تستخدم كل السبل المتاحة للحصول على الأفكار الجديدة من المصادر الداخلية والخارجية ؛ حيث إن المصادر الداخلية تتمثل بالعاملين وضمنهم المبتكرون والباحثون فى الشركة . أما المصادر الخارجية فتشير إلى : براءات الاختراع وتراخيصها ، الدوريات العلمية ، المؤتمرات ، والموزعين (تجار الجملة والمفرد) ، مقترحات وشكاوى الزبائن ... إلخ . و يوضح الشكل رقم (٦ –٦) الخطوط الأساسية فى هذه الطريقة ؛ حيث إن هذه الخطوات هى : توليد الأفكار من المصادر الداخلية والخارجية ، الغربلة ، تحليل الأعمال . ويلاحظ فى الشكل نفسه أن هناك نقطة قرار حول إمكانية الاستمرار أم لا حسب بيئة الأعمال من حيث سياسة الشركة وخصائص السوق والمنافسين وغيرها ؛ ليأتى بعدها تطوير النموذج الأولى ونقطة قرار ثانية حول

الاستمرار أو عدم الاستمرار . وعند الاستمرار تأتى خطوة أخرى تتعلق باختيار السوق حيث يتم الإنتاج المحدود للمنتوج وتوزيعه فى أسواق محددة ، فإذا كانت النتائج إيجابية يتم التوسع فى الأسواق والإنتاج الكامل كما مبين فى الشكل رقم (٦- ٦) .

الشكل رقم (٦-٦) : عملية تطوير المنتوج الجديد (الطريقة البدهية)



ثانيا - فريق المغامرة (Venture Team) :

أسلوب ابتكره (Hill and Hlavacek) واقترحه فى عام ١٩٧٢م وقد انتشر استخدامه بسرعة فى الكثير من الشركات . وهو أسلوب لإدارة المنتوج الجديد من الفكرة إلى التسويق بالإنتاج الكامل ، ويقوم على تشكيل فريق صغير متعدد الاختصاصات ويفصل عن بقية الشركة لضمان استقلاليته فى العمل . ويتكون الفريق من ممثلين عن الإنتاج ، المالية والتسويق . وعند التوصل إلى نتائج إيجابية ؛ فإنه يقدم مقترحاته إلى الإدارة العليا مباشرة حول المنتجات الحالية والجديدة ، وبهذه الطريقة يتجاوز الفريق المشكلات الناجمة عن البنى التنظيمية التقليدية والإجراءات البيروقراطية، إضافة إلى أن الفريق يعطى لتطوير المنتجات أهمية خاصة فى الشركة .

ثالثا - دورة الابتكار (Innovation Cycle) :

إن دورة الابتكار أسلوب علمى لتطوير المنتجات الحالية والتوصل إلى المنتجات المبتكرة الجديدة التى تحقق أهداف المنظمة بكفاءة أعلى وإشباع حاجات الزبون بشكل أفضل ، وهذا الأسلوب هو الأكثر ملاءمة للاتجاهات الحديثة فى العلم والتكنولوجيا ، حيث التطور السريع المطرد فى هذين المجالين الحيويين يستلزم أسلوباً علمياً أكثر استقراراً واستمراراً فى خلق ومتابعة الأفكار الجديدة وتحويلها إلى منتجات جديدة .

وبالنظر للكلف العالية التى يتطلبها هذا الأسلوب كالكلف المتعلقة بالمختبرات واستخدام ألمع الباحثين والاستثمار فى المصانع الرائدة وغيرها ، فإن الشركات الكبرى هى الأكثر اعتماداً على هذا الأسلوب الذى رغم استخدامه فى الشركات لأغراض تجارية ، فإنه لا يخلو من أغراض علمية تتمثل فى البحوث الأساسية التى يتم تمويلها ، وبعدئذ الاستفادة من نتائجها لأغراض التطبيق ، وتتكون دورة الابتكار من مراحل أساسية هى :

أ- البحث الأساسى : إن البحث الأساسى هو مجموعة الجهود العلمية المبذولة ؛ من أجل إغناء المعرفة الإنسانية والتراث العلمى للبشرية دون أن تكون له أغراض تجارية . والشركات تقوم بهذا النوع من البحوث أو تمول القيام بها فى الجامعات

ومراكز البحث العلمى من أجل التوصل إلى القوانين العلمية والمبادئ الجديدة التى تشكل أساسًا مهمًا لتوليد الأفكار الجديدة . ولأن هذا النوع من البحوث يكون بدون أغراض تجارية ؛ فإن غالبية الأفكار الجديدة التى يتم التوصل إليها ليست مفيدة أو قابلة للتطبيق ، والواقع أن (٩٠٪) من هذه البحوث التى تنجز فى الجامعات (وبنسبة أقل من البحوث الأساسية فى الشركات أيضًا) تكون غير قابلة للتطبيق ، بينما (١٠٪) فقط منها يكون ذا جدوى فى التطبيق .

ب – **البحث التطبيقى** : إن هذا النوع من البحوث يكون أكثر ارتباطًا بالتطبيق وبالأغراض التجارية للشركات ، وهو يستفيد من البحث الأساسى للحصول على الأفكار الجديدة القابلة للتطبيق لتحويلها إلى منتجات جديدة قابلة للإنتاج . ويمكن تحديد مجالات البحث التطبيقى فى : تصميم منتجات جديدة ، إعادة تصميم وتطوير المنتجات الحالية ، تحديد استعمالات جديدة للمنتجات الحالية ، وتحسين تغليف المنتجات الحالية .

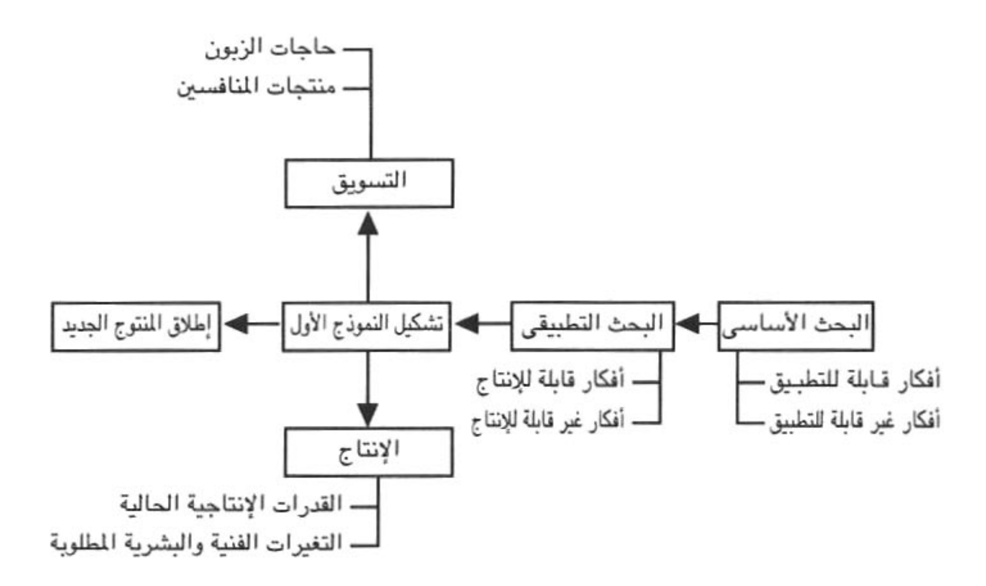
ج – **تشكيل المنتوج أو النموذج الأول** : فى هذه المرحلة يتم تشكيل وبناء عدد قليل من النماذج الأولى للمنتوج الجديد ؛ وذلك بهدف إجراء تقييم للمنتوج على نطاق ضيق ولتحقيق ذلك تقوم الإدارة باستطلاع قسم الإنتاج وقسم التسويق حول المنتوج الجديد كما فى المرحلتين التاليتين .

د – **التقييم من وجهة نظر التسويق** : حيث يتم تقييم النموذج الأول للمنتوج استناداً إلى الخبرة التسويقية للشركة وحسب خصائص السوق ومنتجات المنافسين وحاجات الزبون . وتعتبر هذه المرحلة بمثابة المدخل التسويقى فى دورة الابتكار للمنتجات الجديدة .

هـ – **التقييم من وجهة نظر الإنتاج** : فى هذه المرحلة المتزامنة مع المرحلة السابقة يتم تقييم النموذج الأول استناداً إلى خبرة الشركة فى الإنتاج وحسب كلفة الإنتاج وإمكانياته ، مستوى الجودة ، المعولية ، التغليف ، والخصائص الوظيفية ..... إلخ وتعتبر هذه المرحلة بمثابة المدخل الإنتاجى فى دورة الابتكار للمنتجات الجديدة .

و – **الإطلاق** : تتم هذه المرحلة بعد الأخذ بالملاحظات والمقترحات المقدمة من قسمى التسويق والإنتاج لتطوير المنتوج الجديد ، ومن ثم تشكيل المنتوج النهائى الذى يكون جاهزًا للإطلاق فى السوق . والشكل رقم (٦–٧) يوضح مراحل دورة الابتكار .

الشكل رقم (٦–٧) : مراحل دورة الابتكار

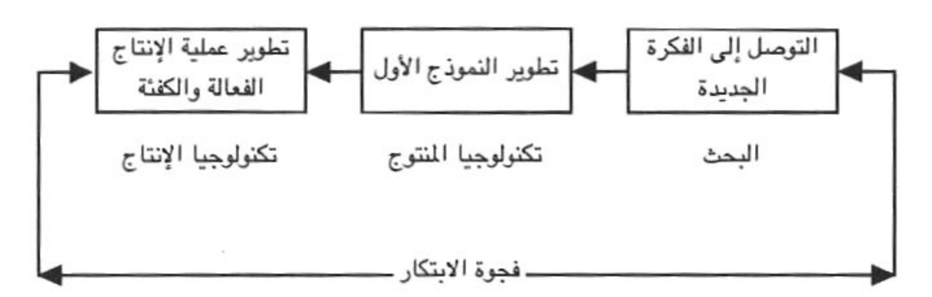


ولابد من التأكيد على أن دورة الابتكار تمثل الفترة الزمنية التى تسبق ولادة المنتوج ابتداءً من التوصل إلى الفكرة الجديدة ومرورًا بتطويرالنموذج الأول للمنتوج الجديد ، ومن ثم تطوير عملية الإنتاج الفعالة والكفئة ، وصولاً إلى التهيئة لإدخاله إلى السوق ، وهذه الفترة كلها تمثل فى الحقيقة كلفة تتحملها الشركة ولا يتم استردادها إلا بعد إدخال المنتوج إلى السوق ونجاحه فى دورة حياة المنتوج .

إن هذه الفترة الممتدة بين تطور الفكرة الجديدة وحتى إدخال المنتوج الجديد إلى السوق تدعى فجوة الابتكار ، وإن الفجوة الأطول تعنى الكلفة الأكبر والانتظار الأطول

للشركة (والمجتمع أيضًا) لمنافع ومزايا الفكرة الجديدة . ويوضح الشكل رقم (٦-٨) فجوة الابتكار ، وحيث يلاحظ أن مرحلة تطوير عملية الإنتاج وملاءمة المنتوج - التشغيل بشكل فعال وكفء تمثل جزءًا من فجوة الابتكار ؛ لأن نقل الفكرة إلى المنتوج أو النموذج الأول يتطلب قدرات علمية وتكنولوجية وهندسية فى حين أن الانتقال من النموذج الأول إلى الإنتاج على أساس تجارى لأغراض السوق يتطلب قدرات إدارية وتنظيمية كبيرة فى مجال العمليات لا تقل أهمية عن سابقتها فى إنجاح عملية الابتكار ، من حيث إيجاد العلاقة المربحة بين الكمية - الجودة- السعر .

الشكل رقم (٦-٨) : فجوة الابتكار



ولقد أشارت إحدى الدراسات التى أجريت على فجوات الابتكار الخاصة بالابتكارات الرئيسية فى القرن العشرين - إلى أن هذه الفجوات كانت بالمتوسط (١٦) سنة . فمثلاً إن الميقاع أو آلة ضبط النبض تم التوصل للفكرة الجديدة عام ١٩٢٨م ولم توضع فى الاستعمال حتى عام ١٩٦٠م ، أى أن فجوة الابتكار (٣٢) سنة ، والذرة الهجينة وجهاز الفيديو كانت ذات فجوات (٢٥) سنة و(٦) سنوات على التوالى ، ويوجد اليوم الكثير من المنتجات الواعدة فى مرحلة فجوات الابتكار .

ولاشك أن فجوة الابتكار الطويلة تمثل تحديًا كبيرًا أمام الشركات ، ومع أن فجوة الابتكار أخذت بالتقلص إلا أن هذا التقلص يتم فى بطء واضح ؛ مما يجعل هذه الفجوة مهمة أساسية ولها أسبقية للمديرين فى الشركات الحديثة .

٦-٧- دورة حياة المنتوج (Product - Life Cycle) :

إن مفهوم دورة حياة المنتوج يقوم على أنه كما أن للإنسان دورة حياة تبدأ من الولادة وحتى أواخر العمر ، كذلك المنتوج له دورة حياة مماثلة من الولادة أو الإدخال إلى السوق وحتى التدهور أو الخروج من السوق ، ويمكن تعريف دورة حياة المنتوج بأنها الفترة الزمنية التي يمر خلالها المنتوج في مراحل الإدخال والنمو والنضوج ، وأخيراً التدهور وتقاس هذه المراحل بتطور المبيعات .

وإذا كان المختصون بالتسويق يدرسون دورة حياة المنتوج لدراسة خصائص السوق في كل مرحلة لتطوير إستراتيجية ملائمة ؛ فإن المختصين بالإنتاج يدرسونها من حيث :

أ - تطور خصائص المنتوج وعلاقة ذلك بتطور المبيعات وما يتطلب ذلك من سعة إنتاجية ملائمة .

ب - اختيار نمط التشغيل حسب مراحل دورة حياة المنتوج.

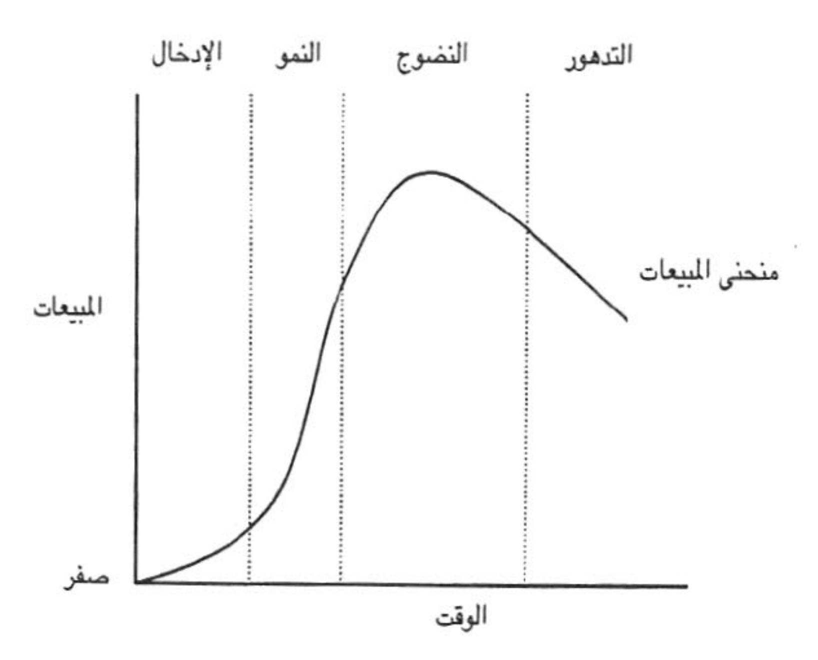
ج - منحنى التعلم والخبرة .

إن الشكل رقم (٦-٩) يوضح الشكل النمطي لدورة حياة المنتوج من خلال منحنى المبيعات على شكل حرف (S) باللغة الإنجليزية ، كما يظهر مراحل هذه الدورة على منحنى المبيعات وهي :

أولاً - الإدخال : في هذه المرحلة تكون المبيعات منخفضة والأرباح ضئيلة أو سالبة ، والزبائن قليلون لعدم معرفة المنتوج وترددهم بشراء منتوج جديد لا خبرة لهم به (السلوك الرشيد للزبون) والمنافسة محدودة فيها .

ثانيًا - النمو : في هذه المرحلة منحنى المبيعات يأخذ بالنمو السريع والأرباح في تزايد والزبائن يتزايدون في أسواق أوسع ، ولكن المنافسين في هذه المرحلة يتزايدون كاستجابة للمنتوج الجديد .

الشكل رقم (٦-٩) : دورة حياة المنتوج



ثالثًا - النضوج : فى هذه المرحلة يكون نمو المبيعات بطيئًا والأرباح تأخذ بالتناقص والزبائن يكونون كثيرين والسوق واسعة وتصبح المنافسة شديدة .

رابعًا - التدهور : حيث تأخذ المبيعات فى هذه المرحلة بالانخفاض والأرباح تكون منخفضة ، وربما تكون عند نقطة التعادل وعدد الزبائن فى انخفاض والسوق فى تقلص مع تناقص عددالمنافسين . والجدول رقم (٦-١٠) يوضح خصائص هذه المراحل مع الاستجابة المفروضة على الإدارة فى كل مرحلة منها .

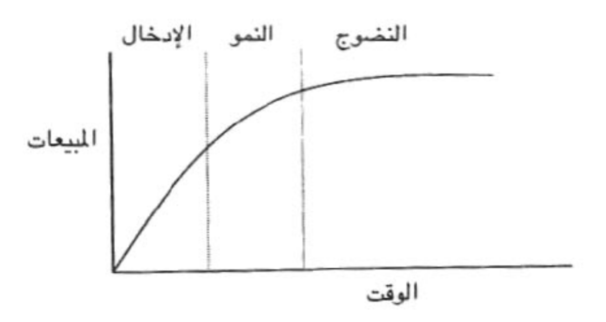
الجدول رقم (٦-١٠) : مراحل دورة حياة المنتوج : الخصائص والاستجابة

الخصائص	الإدخال	النمو	النضوج	التدهور
المبيعات	منخفضة	نمو سريع	نمو بطئ	تدهور وانخفاض
الأرباح	ضئيلة أو سالبة	مستوى عالٍ أو الذروة	انخفاض	منخفض
التدفق النقدى	سالب	متواضع	عالٍ	متناقص
الزبائن	عدد قليل	عدد متزايد	سوق واسعة	عدد متناقص
المنافسون	عدد قليل	عدد متزايد	عدد كبير	عدد متناقص
الاستجابة				
التركيز الإستراتيجى	توسيع السوق	اختراق السوق	الدفاع عن الحصة	الإنتاجية
نفقات الإنتاج	عالية	عالية – متناقصة	منخفضة	قليلة
نفقات التسويق	عالية	عالية – متناقصة	متناقصة	قليلة
تأكيد التسويق	التوعية بالمنتوج	تفضيل العلامة التجارية	الولاء للعلامة	اختيارى
التوزيع	رقعة صغيرة	كثيف	كثيف	اختيارى
السعر	عالٍ	أدنى	أدنى	مرتفع
المنتوج	أساسى	محسن	متميز	رشيد

ومن الضرورى التأكيد فى هذا المجال على أن دورة حياة المنتوج فى مراحلها المتعاقبة ليست متساوية بالنسبة للمنتجات المختلفة ؛ فقد وجدت دراسة أجريت على دورة حياة أحد العقاقير أن مرحلة الإدخال امتدت على مدى شهر واحد ، وأن مرحلة النمو كانت (٦) أشهر ، ومرحلة النضوج كانت (١٥) شهراً، وأن فترة التدهور كانت متساوية للفترات الثلاث السابقة ؛ وذلك بسبب الجهود التى بذلها المنتجون لتجنب تدهور العقار فى السوق . ومن الملاحظ أن هذه الفترات يمكن أن تمتد وتطول عند عدم وجود منافسة وتناقص بشكل كبير عند وجود منافسة شديدة ، كما يمكن أن نعرض حالات أخرى ذات علاقة بدورة حياة المنتوج وهى كالآتى :

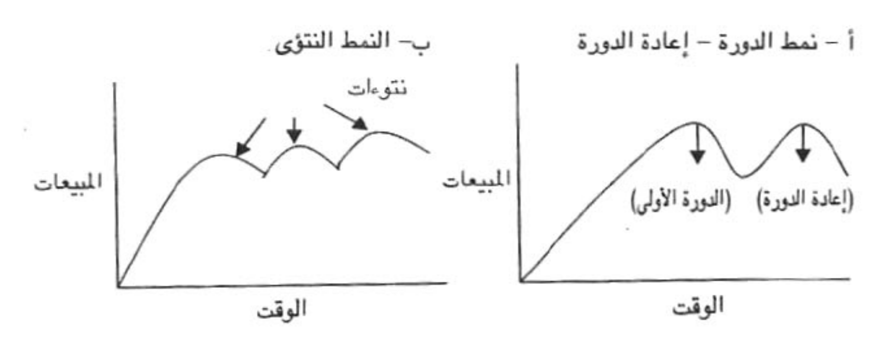
١ - إن أغلب المنتجات لها دورة حياة ، إلا أن بعض المنتجات ليس له دورة حياة ومن أمثلة ذلك أقلام الرصاص وسكين المطبخ ؛ حيث إن دورة حياة المنتوج تكون بدون مرحلة تدهور ويوضح الشكل رقم (٦-١١) هذه الدورة .

الشكل رقم (٦-١١) : دورة حياة القلم الرصاص



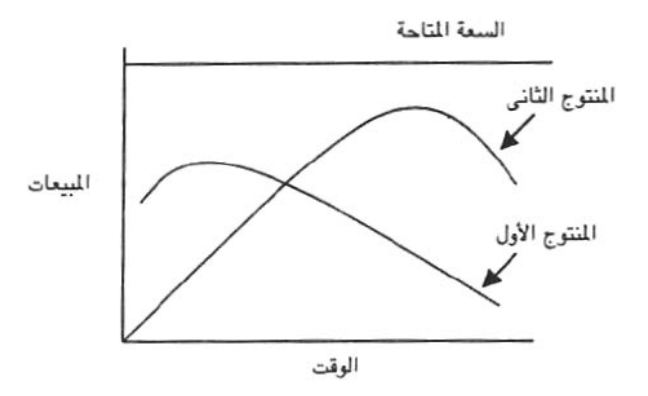
٢ - إن تدخل الإدارة فى دورة حياة المنتوج يأخذ أبعاداً واسعة فى مرحلتى النضوج والتدهور ؛ مما يوجد أنماطًا مختلفة من دورة حياة المنتوج ، فهناك نمط دورة - إعادة الدورة كما مبين فى الشكل رقم (٦-١٢-أ) ، حيث يمكن تفسير إعادة الدورة (أو الدورة الثانية) فى ارتفاع مبيعات الدفعة الترويجية فى مرحلة التدهور ، وكذلك النمط النتوئى كما فى الشكل رقم (٦-١٢- ب) .

الشكل رقم (٦-١٢) : من أنماط دورة حياة المنتوج



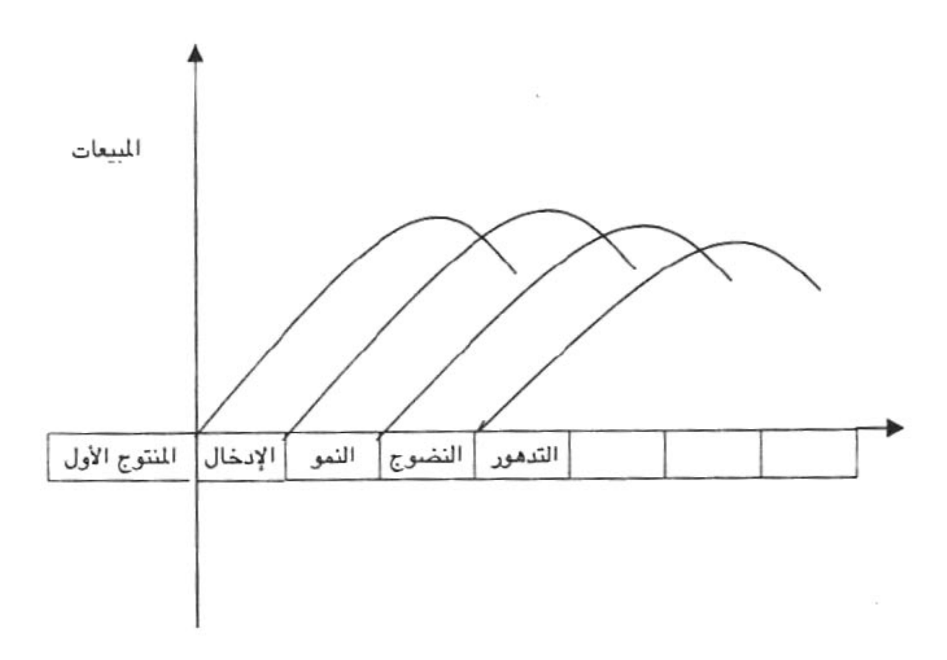
٣ – إن دورة حياة المنتوج التى تمثل مراحل متباينة فى حجم المبيعات قد تختلق مشكلة استغلال السعة فى المصنع ، فإذا كان للمصنع سعة تزيد على أعلى مستوى للمبيعات فى مرحلة النضوج ، فهذا يعنى أن هناك سعة فائضة أو عاطلة فى المراحل الثلاث الأخرى ، فما العمل ؟ والإجابة تكمن فى تبنى منتوج ثانٍ آخر ذى دورة حياة مختلفة زمنيًا فى مراحلها عن دورة حياة المنتوج الأول ، والشكل رقم (٦–١٣) يوضح أن المنتوج الأول عندما يكون فى مرحلة النمو (تزايد المبيعات) يكون المنتوج الثانى فى مرحلة الإدخال ، وعندما يصبح الأول فى مرحلة التدهور ؛ يصبح الثانى فى مرحلة النضوج ؛ مما يعنى استغلال السعة الفائضة .

الشكل رقم (٦–١٣) : دورة الحياة واستغلال السعة



٤ – فى الشركات الكبيرة لايمكن الاعتماد على منتوج واحد حيث تكون المبيعات منخفضة (فى مرحلتى الإدخال والتدهور) ؛ لهذا يتم اللجوء إلى تبنى عدة منتجات فى وقت واحد مع مراعاة عدم التنافس بينها ، أى ألا يكون للشركة فى نفس الوقت منتوجان فى مرحلة النضوج ، وإنما تكون المنتجات فى مراحل متباينة ؛ لكى لا تربك السوق أو سياستها الإنتاجية والتسويقية . والشكل رقم (٦–١٤) يوضح حالة تبنى منتجات متعددة فى وقت واحد ، حيث يلاحظ أن الشركة يكون لديها فى أى وقت منتوج واحد فى مرحلة النضوج (ذروة المبيعات) ، وهذا المدخل يدعى المدخل المتزامن .

الشكل رقم (٦-١٤) : دورات حياة متعاقبة للمنتجات

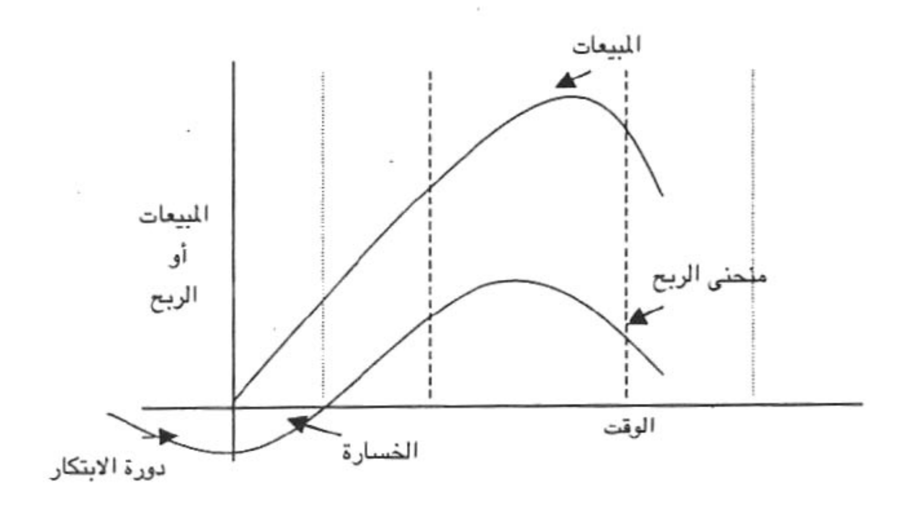


– المنتوج الثانى	الإدخال	النمو	النضوج	التدهور		
– المنتوج الثالث	–	الإدخال	النمو	النضوج	التدهور	
– المنتوج الرابع	–	–	الإدخال	النمو	النضوج	التدهور

٥ – إن دورة حياة المنتوج تترافق معها دورة أخرى هى دورة الربح والخسارة ، وإن منحنى المبيعات يترافق مع منحنى آخر هو منحنى الربح / الخسارة . ومن الواضح أن هناك تجانسًا بين منحنى المبيعات ومنحنى الربح / الخسارة ؛ لأن زيادة المبيعات تعنى زيادة الربح ، والشكل رقم (٦-١٥) يوضح منحنى الربح / الخسارة الذى عادة ما ينتقل من الخسارة (النفقات أكبر من العوائد) فى نهاية مرحلة الإدخال أو فى مرحلة النمو .

كما أن الشكل رقم (٦-١٥) يوضح أن دورة الابتكار هى بمثابة خسارة ؛ لأنها فى الحقيقة كلفة فقط بدون عائد قبل بدء دورة حياة المنتوج ؛ فهى تمثل مرحلة ما قبل ولادة المنتوج وظهوره فى السوق وفى هذه المرحلة لا توجد مبيعات ولا عوائد .

الشكل رقم (٦-١٥) دورة حياة المنتوج ودورة الربح / الخسارة



٦ - ٨ - دورة حياة الخدمة (Service Life Cycle) :

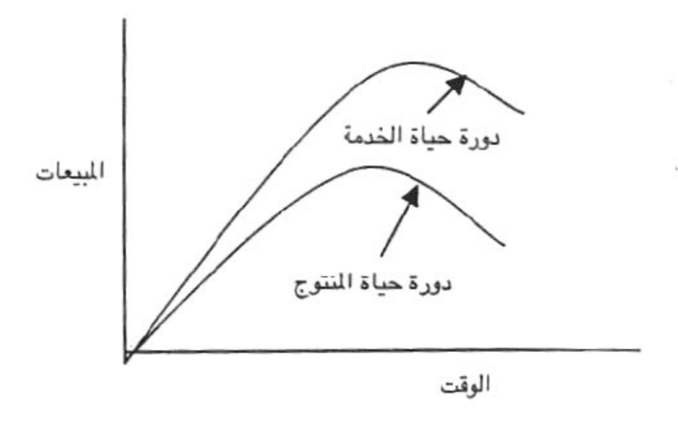
كما أن للمنتوج (السلعة) دورة حياة فإن للخدمة أيضًا دورة حياة، وليس أدل على ذلك من تطور الخدمة الصحية مثلاً ؛ فقد كانت هذه الخدمة فى السابق تقدم من قبل العرّافين وبعض الحرفين كالحلاقين، فى حين نجد أن الخدمة الصحية تقدم الآن من قبل مختصين تتوفر لهم المختبرات والأجهزة المتقدمة والمتطورة باستمرار التى تعمل على تحسين الخدمة الصحية الحالية وإدخال خدمات صحية جديدة . والسؤال الذى يطرح نفسه ما الفرق بين دورة حياة المنتوج (السلعة) ودورة حياة الخدمة ؟

إن دورة حياة الخدمة عمومًا أطول من دورة حياة المنتوج ، وهذا يعود إلى أن الخدمة أبطأ فى التعرض إلى التقادم مقارنة بالمنتوج ، بل إن مرور الوقت على تقديم

الخدمة (كما هو الحال فى خدمة الطبيب) يمنح الطبيب خبرة أعلى وسمعة أوسع ؛ مما يبقى خدمته أطول ويتزايد عدد الزبائن الذين يطلبونها مع الوقت . وربما يعود ذلك إلى سبب آخر هو أن الخدمة بشكل عام لازالت بعيدة عن المنافسة الشديدة ، ومن المتوقع أن تشهد الفترة القادمة توجهات جديدة فى إدخال المنافسة فى قطاع الخدمات بشكل عام .

كما أن بلوغ الخدمة مستوى الذروة يكون أبطأ مما فى المنتوج ؛ لأن المنتوج يتسم بالقابلية على النقل خلافًا للخدمة . وإن مستوى الذروة فى تقديم الخدمة (المبيعات) يكون أعلى مما فى المنتوج . ولاشك فى أن الفرق الأساسى المهم يتمثل فى أن فترة الربح تظهر أسرع فى الخدمة من نظيرتها فى المنتوج ، فمن المعلوم أن الربح يظهر خلف العوائد (المبيعات) فى دورة حياة المنتوج ، وهذا نفسه ما يظهر فى الخدمة إلا أن فترة الخسارة تكون أقصر فى الخدمة وفترة الربح أسرع وأطول فيها ؛ وذلك لأن الكلفة الغاطسة ، أى ما سبق تحمله من كلف يتحملها المنتوج بحجم أكبر مما فى الخدمة ؛ مما يجعل ظهور الربح أبطأ بالظهور نسبيًا فى المنتوج . والشكل رقم (٦-١٦) يوضح دورة حياة الخدمة مقرونة بدورة حياة المنتوج .

الشكل رقم (٦-١٦) دورة حياة المنتوج والخدمة



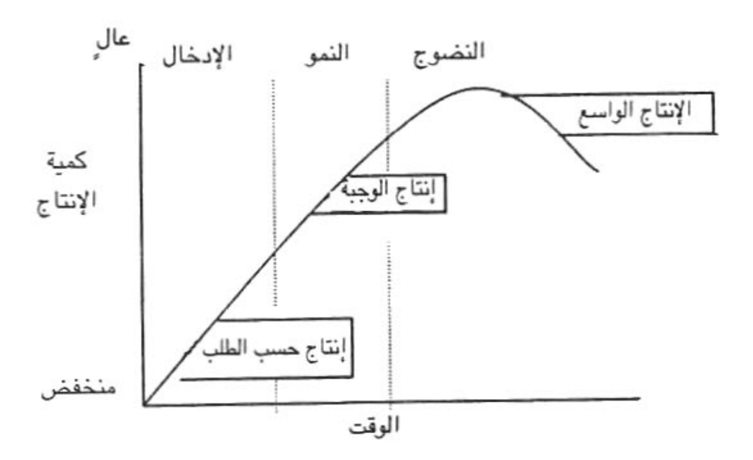
٦ - ٩- العلاقة بين المنتوج / التشغيل :

إذا كان تصميم المنتوج يجيب عما هى المنتجات التى ستنتج ؛ فإن تصميم التشغيل يجيب عن كيفية إنتاج المنتوج أو المنتجات . وتصميم التشغيل يعتبر قراراً إستراتيجيًا ؛ لأن اختيار نمط الإنتاج وتصميمه يحدد نوع الآلات ونمط التنظيم الداخلى ، وهذا لا يمكن تعديله أو تغييره فى المدى القصير بدون تحمل كلفة عالية جداً .

وحسب ما أشرنا فى الفصل الرابع ؛ فإن هناك أنماطًا من التشغيل (أو الإنتاج) وهى : الإنتاج حسب الطلب ، إنتاج الوجبة ، الإنتاج الواسع ، والإنتاج المستمر . ويمكن أن نلاحظ وجود علاقة بين التشغيل والمنتوج ، فإذا كان المنتوج قياسيًا وينتج بكميات كبيرة مع تنوع أدنى ؛ فإن نمط التشغيل الملائم هو الإنتاج الواسع أو المستمر حسب طبيعة المنتوج ، أما إذا كان المنتوج غير قياسى وينتج بكمية قليلة مع تنوع كبير ؛ فإن نمط التشغيل الملائم هو الإنتاج حسب الطلب .

وحيث إن هناك علاقة واضحة بين المنتوج والتشغيل ؛ لذا فإن معالجة كل منها على انفراد يؤدى إلى جعل عملية اختيار كل منها عملية سكونية ، فى حين أن العلاقة بينهما تفترض التداخل والتأثر المتبادل الذى يساعد على تحقيق القرار الرشيد فى عملية اختيار المنتوج والتشغيل . ولتوضيح ذلك ؛ يمكن أن نشير إلى أن دورة حياة المنتوج فى مراحلها المتعاقبة تمثل الانتقال من الإنتاج بكمية قليلة فى مرحلة الإدخال ، وهذا ينسجم مع نمط الإنتاج حسب الطلب إلى الإنتاج بكمية أكبر فى مرحلة النمو ، وهذا ينسجم مع نمط الإنتاج على أساس الوجبة ، وفى مرحلة النضوج جزء من مرحلة التدهور يكون الإنتاج بكمية كبيرة جداً ، وهذا يلاءم نمط الإنتاج الواسع . والشكل رقم (٦-١٧) يوضح ذلك ، ومن الشكل يظهر التنوع فى مرحلة الإدخال أكبر ، وهذا أمر طبيعى ؛ لأن الشركة تسعى إلى استخدام السعة الفائضة فى منتجات أخرى .

الشكل رقم (٦-١٧) : نمط التشغيل حسب مراحل دورة حياة المنتوج

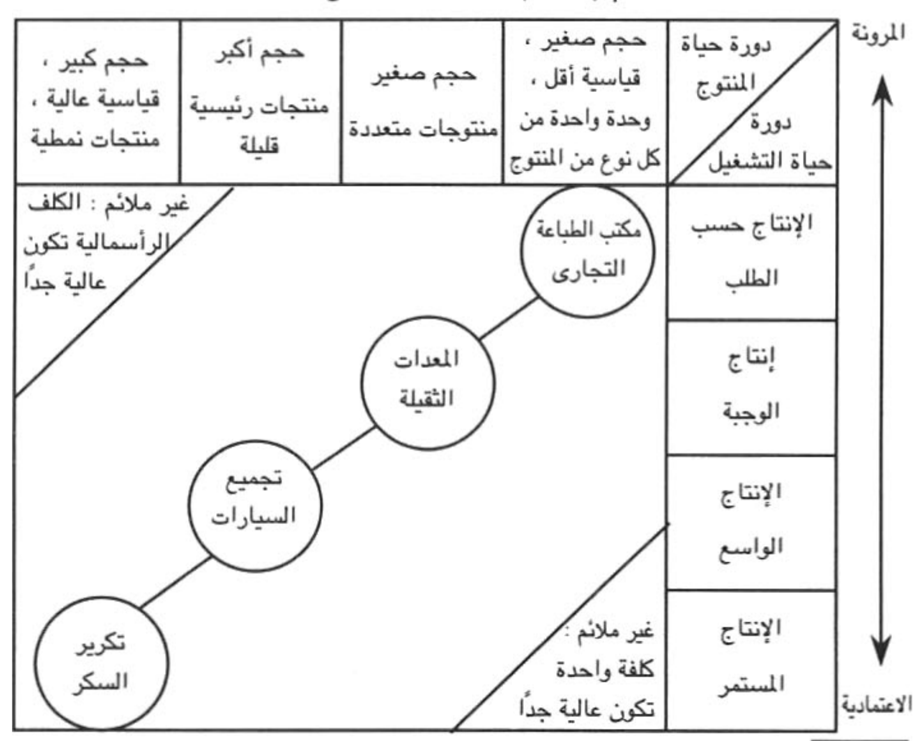


إن الشكل رقم (٦-١٧) يظهر بوضوح أن هناك دورة حياة للتشغيل تترافق مع دورة حياة المنتوج ، ويمكن أن تستخدم على مستوى الشركة ، وبمساعدة الشكل يمكن تحديد نمط التشغيل الملائم لكل مرحلة من مراحل دورة حياة المنتوج على أساس اقتصادي .

كما أن العلاقة بين الدورتين (التشغيل والمنتوج) يمكن استخدامها حسب أنواع الشركات ، وفي هذا المجال لابد من الإشارة إلى الدراسة المهمة التي قدمها (هايس و ويلرايت Hayes and Wheelwright) ونشرت في مجلة هارفرد للأعمال (HBR) عام ١٩٧٩م تحت عنوان " ترابط دورتي عملية التصنيع وحياة المنتوج " وفي هذه الدراسة تم توضيح أن المنتوج وهو يمر بمراحل أساسية في دورة الحياة يمر أيضًا بمراحل أساسية في عملية التصنيع أو التشغيل ، وبناء على ذلك قدما مصفوفة المنتوج / التشغيل التي تحقق الربط بين دورة حياة المنتوج ودورة حياة التشغيل ؛ حيث إن أغلب الشركات تقع على قطر المصفوفة عند تحقيق الربط الرشيد بينهما على أساس

اقتصادى صحيح ، وكما مبين فى الشكل رقم (٦-١٨) فعند الجانب العمودى تقع دورة حياة التشغيل وعند الجانب الأفقى تقع دورة حياة المنتوج ، وعند قطر المصفوفة هناك أمثلة عن نوع الشركات الملاءمة لما يناظرها من دورة حياة التشغيل (على المحور العمودى) ومن دورة حياة المنتوج (على المحور الأفقى) . وإن الشركات الواقعة على قطر المصفوفة يمكن أن تكسب ميزة تنافسية فى الكلفة القياسية أو فى المرونة والتنوع ، أما الشركات التى لاتقع على قطر المصفوفة ؛ فإنها ستتحمل كلفة عالية سواء من حيث الكلفة الرأسمالية فى حالة استخدام الإنتاج حسب الطلب فى المنتجات النمطية وذات الحجم الكبير ، ومن حيث كلفة الوحدة فى حالة استخدام الإنتاج الواسع فى المنتجات غير النمطية وذات الحجم الصغير. وفى مثل هذه الحالات لن تكون الشركات قادرة على المنافسة .

الشكل رقم (٦-١٨) : مصفوفة المنتوج / التشغيل



٦ - ١٠ - المنتوج ومنحنى التعلم

إن منحنى التعلم مفهوم قدمه (رايت T.P.Wright) فى دراسة نشرها فى مجلة (علوم الطيران) عام ١٩٣٦م وصف فيها كيف أن كلفة العمل المباشر لإنتاج بدن الطائرة تنخفض مع التجربة . وهذا المفهوم يعتمد على وقت العمل وكمية الوحدات المنتجة . وأساسه هو أن الكمية الكلية من الوحدات المنتجة عندما تتضاعف ؛ فإن وقت إنتاج الوحدة يتناقص بمعدل ثابت يعرف بمعدل التعلم مع كل مرة تتضاعف فيه هذه الكمية . ومما يرتبط أيضاً بهذا المنحنى هو قانون الخبرة الذى قدمته مجموعة بوسطن الاستشارية ، ومفاده أن كلفة الوحدة من المنتوج تنخفض بنسبة مئوية ثابتة فى كل مرة تتضاعف فيها الخبرة ، أى بمضاعفة حجم الإنتاج التراكمى . وتتمثل مساهمة مجموعة بوسطن الاستشارية فى هذا المجال بتحديد انخفاض كلفة الوحدة بمقدار الثلث ، ويتم احتساب ذلك بالصيغة التالية :

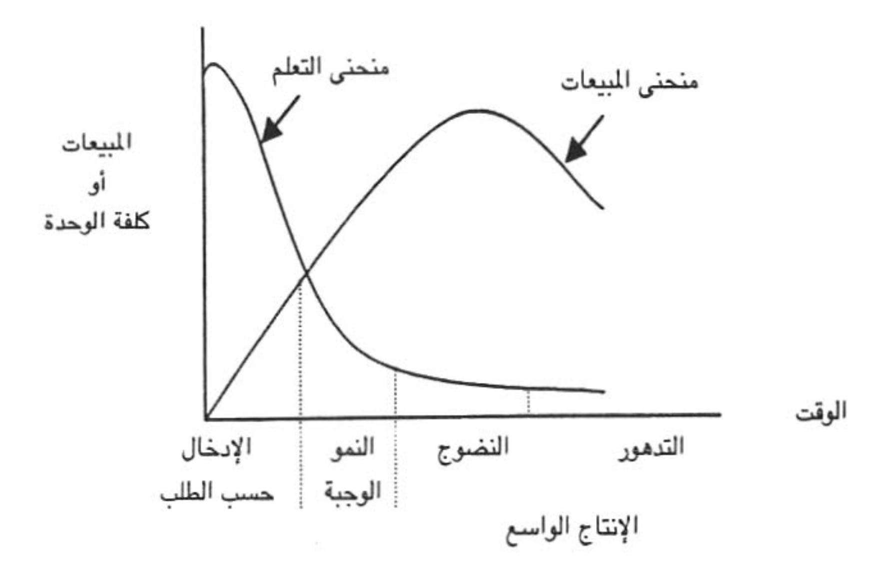
٢ ج = ٢ \ ٣ ك ———————————— (٦-١)

حيث ج = حجم الإنتاج .

ك = كلفة الوحدة .

يمكن ملاحظة علاقة ذلك بالمنتوج من خلال تأثير منحنى التعلم على كلفة الوحدة ، ففى المنتجات الجديدة التى يكون محتوى العمل فيها متماثلاً مع محتوى العمل فى المنتجات الحالية ، فإن كلفة العمل المباشر تكون متدنية جداً ؛ مما يعزز القدرة التنافسية للشركة من خلال هذه المنتجات الجديدة ذات الكلفة المنخفضة . أما إذا كانت المنتجات الجديدة مختلفة تماماً عن المنتجات الحالية ؛ فإن كلفة العمل المباشر تكون فى أعلى مستوياتها فى مرحلة الإدخال لتبدأ بالتناقص بمعدل ثابت مع تقدم المنتوج فى دورة الحياة . ويوضح الشكل رقم (٦-١٩) هذه الحالة ؛ حيث إن منحنى التعلم يكون بمثابة منحنى معاكس لمنحنى المبيعات . إضافة إلى أن منحنى التعلم يكون فى أعلى مستوياته فى الإنتاج حسب الطلب (لأن الإنتاج يتبدل باستمرار بدون تكرار كبير) ، وينخفض فى إنتاج الوجبة ويكون الأدنى فى الإنتاج الخطى أو الواسع .

الشكل رقم (٦-١٩) : منحنى التعلم ودورة حياة المنتوج والتشغيل



من الممكن احتساب وقت العمل فى وحدات الإنتاج المتراكمة على أساس معدل التعلم بطريقتين هما : الطريقة اللوغاريتمية أو الأسية ، والطريقة الحسابية ؛ حيث إن المنحنى الأسى فى الطريقة الأولى يصبح خطًا مستقيمًا عندما يرسم على إحداثيات لوغاريتمية وبشكل معاكس للإحداثيات الحسابية ، ونعرض فيما يأتى للطريقتين :

أولاً - الطريقة اللوغاريتمية :

هذه الطريقة تستخدم حساب اللوغاريتمات فى تحديد وقت العمل لوحدات الإنتاج التراكمية وذلك باستخدام المعادلة الآتية :

و ك = و ١ ك ب ———————————— (٦ -٢)

حيث إن :

وك = ساعات العمل المطلوبة لإنتاج الوحدة (ك) .

و١ = ساعات العمل المطلوبة لإنتاج الوحدة الواحدة (الإنتاجية الأولية) .

ب = مؤشر التعلم (يستخرج من جداول قياسية حسب معدل التعلم) .

ك = العدد الترتيبى للوحدة (الوحدة الأولى ، الثانية ، الثالثة ، وهكذا) .

والمثال (٦-١) يوضح استخدام هذه الطريقة :

المثال (٦-١) :

شركة القدس للصناعات الثقيلة تلقت طلبيات من الزبائن على رافعات من نموذج جديد ، على أساس خبرتها السابقة فى صناعات الرافعات ، وقدر المهندسون منحنى التحسين فى وقت العمل بنسبة (٨٠٪) ، وأن الوحدة الأولى من الرافعة الجديدة تتطلب (٥٠٠) ساعة عمل ، وكانت الطلبيات المقدمة على الرافعات الجديدة فى الأشهر الخمسة القادمة كالآتى :

الشهر	عدد الرافعات المطلوبة
١	٢
٢	٦
٣	١٠
٤	١٠
٥	١٥
المجموع	٤٣

المطلوب :

١- احتساب عدد الساعات المطلوبة لإنتاج الرافعات الجديدة حسب الطلبيات .

٢- إذا كان عدد أيام العمل فى الشهر (٢٠) يومًا وعدد ساعات العمل فى اليوم (٨) ساعات ، فما عدد العاملين المطلوب للإيفاء بكل طلبية ؟

الحل :

١- إن قيمة (ب) عند منحنى التعلم (٨٠٪) من الجدول هى (-٠,٣٢١٩) ؛ لهذا فإن المعادلة رقم (٦-٢) تصبح فى حالة الرافعات الجديدة :

وك = (٥٠٠) ك - ٠,٣٢١٩

وباستخدام المعادلة السابقة يمكن احتساب ساعات العمل اللازمة للوحدات المتراكمة (٤٣،٢٨،١٨،٨،٢) ، والجدول أدناه يوضح هذه الحسابات لعدد من الوحدات المتراكمة ، إضافة إلى ساعات العمل اللازمة شهرياً للوحدات المطلوبة والتغير فى ساعات العمل وفى المخرجات فى الأشهر الخمسة .

٢- وفى العمود الأخير من الجدول تم احتساب قوة العمل المعادلة لساعات العمل اللازمة فى الأشهر الخمسة :

الوحدة المتراكمة	ساعات العمل اللازمة للوحدة المتراكمة (مقربة)	الشهر	الرافعات الجديدة المطلوبة	ساعات العمل اللازمة للتعهدات الشهرية	التغير فى ساعات العمل عن الشهر السابق	التغير فى المخرجات عن الشهر السابق	عدد العاملين المكافئ لساعات العمل اللازمة
١	٥٠٠	١	٢	٩٠٠	–	–	٥,٦٢
٢	٤٠٠	–	–	–	–	–	–
٣	٣٥١	٢	٦	١٧٧٣	٩٨,١+	٢٠٠,٠+	١١,٠٨
٤	٣٢٠	–	–	–	–	–	–
٥	٢٩٨	–	–	–	–	–	–
٦	٢٨١	–	–	–	–	–	–
٧	٢٦٧	–	–	–	–	–	–
٨	٢٥٦	–	–	–	–	–	–
٩	٢٤٦	٣	١٠	٢١٨٥	٢٣,٢	٦٧,٧+	١٣,٦٥
١٠	٢٣٨	–	–	–	–	–	–
١٩	١٩٤	٤	١٠	١٨١٦	-١٦,٨	صفر	١١,٣٥
٢٨	١٧١	–	–	–	–	–	–
٢٩	١٧٩	٥	١٥	٢٣٧٣	٣١,٠+	٥٠,٠+	١٤,٨٤
٤٢	١٥٠	–	–	–	–	–	–
٤٤	١٤٩	–	–	–	–	–	–
المجموع			٤٣	٩٠٤٧			

تم احتساب عدد العاملين فى الشهر الأول بقسمة عدد ساعات العمل اللازمة للطلبات الشهرية (٩٠٠) على عدد ساعات العمل الواحد فى الشهر (٢٠يوم / شهر x ٨ ساعة /يوم = ١٦٠ ساعة) .

ثانيا : الطريقة الحسابية :

هذه الطريقة تُستخدم فى احتساب الوقت اللازم لإنتاج الوحدات المتراكمة المضاعفة (١،٢،٤،٨،١٦،٣٢،... إلخ) ، وذلك بضرب الوقت اللازم لإنتاج الوحدة فى متوالية المضاعفات وتكرار ذلك للوحدات اللاحقة عند مضاعفة حجم الإنتاج ، والمثال (٦-٢) يوضح ذلك .

مثال (٦-٢) :

استخدم بيانات المثال (٦-١) لاحتساب الوقت اللازم لإنتاج الرافعات الجديدة التى تحمل تسلسل (٢) (٤) (٨) (١٦) إذا كان معدل التعلم (٨٠٪) باستخدام الطريقة الحسابية .

الحل :

الوقت اللازم لإنتاج الرافعة الجديدة الأولى = ٥٠٠ ساعة .

الوقت اللازم لإنتاج الرافعة الجديدة (٢) = ٥٠٠ x ٠.٨٠ = ٤٠٠ ساعة .

الوقت اللازم لإنتاج الرافعة الجديدة (٤) = ٤٠٠ x ٠.٨٠ = ٣٢٠ ساعة .

الوقت اللازم لإنتاج الرافعة الجديدة (٨) = ٣٢٠ x ٠.٨٠ = ٢٥٦ ساعة .

الوقت اللازم لإنتاج الرافعة الجديدة (١٦) = ٢٥٦ x ٠.٨٠ = ٢٠٤,٨ ساعة .

عند مقارنة الوقت اللازم للوحدات (٢) (٤) (٨) مع ما يناظرها فى الجدول الوارد فى المثال السابق يتضح أنها هى نفسها ، كما يلاحظ أن الطريقة الحسابية تصلح لاحتساب الوقت اللازم للوحدة (٨) وضعفها (١٦) ، ولكن لا يمكن فى هذه الحالة احتساب الوقت اللازم للوحدة (١٧) ، وهذا يوضح عدم مرونة هذه الطريقة مقارنة بالطريقة اللوغاريتمية التى يمكن بواسطتها حساب الوقت اللازم لكل الوحدات المتسلسلة .

٦-١١ - التجربة اليابانية فى مجال المنتوج :

إن التجربة اليابانية فى مجال المنتوج يمكن أن تقدم بعض الخصائص المهمة ؛ من أجل تحسين إدارة المنتوج وتطوره ؛ ليكون جزءًا من قدرة الشركة على المنافسة ، ويمكن أن نشير إلى هذه الخصائص كالآتى :

أولاً : إن التجربة اليابانية تعتمد أسلوب التحسينات الصغيرة والمستمرة فى جميع ما يتعلق بالمنتوج من حيث الجودة ، الشكل ، الحجم ، التغليف ، المواد المستخدمة ... إلخ ، وهذا خلافًا لأسلوب الوثبات الكبيرة فى فترات متباعدة كما هو الحال فى الشركات الأمريكية .

ثانيًا : يميل اليابانيون كأسلوب فى المنافسة إلى تقليص دورة حياة المنتوج ؛ وذلك بجعل مرحلة الإدخال قصيرة وذات نهاية منخفضة مع نمو أسرع وصولاً إلى نهاية ذات ارتفاع متوسط أو عالٍ ، ولكنه أسرع أيضًا ، وبهذه الطريقة يقلصون دورة الحياة كلها بما ينسجم مع الحاجة إلى استجابة أسرع لحاجات الزبون .

ثالثًا : إن اليابانيين يميلون لتحقيق استجابة أفضل لحاجات الزبون إلى التكامل العمودى إلى الأمام باتجاه قنوات التوزيع ، بدلاً من التكامل العمودى إلى الخلف باتجاه المواد الأولية كما هو شائع فى الشركات الأمريكية والأوربية ، وبهذا النوع من التكامل يجسد اليابانيون مبدأ الاقتراب من الزبون .

رابعًا : نتيجة للخصائص السابقة فإن اليابانيين يتسمون بالتنوع الكبير فى منتجاتهم بعيداً عن الإنتاج النمطى والقياسية التى تمثل السمة الأبرز فى إنتاج العشرينيات من هذا القرن ، ومع هذا التنوع الكبير فإن اليابانيين ومن خلال نظام الوقت المحدد (JIT) ، يجمعون بين ميزة التنوع وكلفة الوحدة الأدنى .

إن هذه الخصائص وغيرها تشكل أسلوبًا جديداً فى إدارة العمليات وتساهم فى تفسير بعض جوانب النجاح والتفوق فى التجربة اليابانية ، وإن الدراسة والتعمق فى هذه التجربة ضروريان للوقوف على الأبعاد الأخرى التى تقف وراء التجربة الكبيرة فى دروسها وإنجازاتها فى إستراتيجية ووظيفة العمليات .

الأسئلة :

١- ماذا نعنى بانفجار المنتجات الجديدة ؟ وما هى أبرز خصائص مرحلة انفجار المنتجات ؟

٢- ميزّ بين : المدخل الإنتاجى ، المدخل التسويقى ، والمدخل التكاملى فى تطور مفهوم المنتوج .

٣- ماذا نعنى بالمنتوج والمنتوج الجديد ؟ وما هى الأشكال الأساسية للمنتوج الجديد ؟

٤- قارن بين إستراتيجيات المنتوج . وما هى الإستراتيجية الملاءمة فى الحالات الآتية :

أ - شركة كبيرة ذات موارد كبيرة .

ب - شركة كبيرة ذات موارد محدودة .

ج - شركة كبيرة ذات موارد بشرية متخصصة محدودة .

د - شركة كبيرة تعمل فى سوق منافسة شديدة .

٥- ماذا نعنى بالآتى : إستراتيجية شد السوق ، إستراتيجية دفع التكنولوجيا ؟

٦- ماهى الأساليب المتبعة من قِبَل الشركات الصغيرة فى الحصول على أفكار جديدة لتطوير منتجاتها ؟

٧- ماهى الأساليب الدائمة لتطوير المنتجات فى الشركات الحديثة ؟

٨- وضح المبادلة التى يمكن أن تجرى بين التبسيط والتنوع ، ماهى مبررات ذلك ، وهل بالإمكان جمع التبسيط والتنوع فى أسلوب واحد ؟ .

٩- اكتب مقالة فى حدود صفحتين عن حاجات الزبون ودورها فى تطويرالمنتجات فى الشركة الحديثة .

١٠- ماهى النتيجة المتوقعة مما يأتى :

أ - منتوج جديد يصل إلى مرحلة النضوج بشكل سريع ؟

ب - إدخال الشركة لمنتوجين جديدين إلى السوق فى نفس الوقت ؟

ج - تبنى الشركة لسياسات إنتاجية وتسويقية فى مرحلة النضوج ؟

١١- كيف يمكن للشركة أن تواجه تباطؤ نمو المبيعات فى مرحلة النضوج ؟

١٢- وضح أنماط دورة حياة المنتوج وخصائص كل منها .

١٣- وضح خصائص ما يأتى : دورة الربح والخسارة ، دورة حياة الخدمة ، ومنحنى التعلم .

١٤- ماهى أبرز خصائص التجربة اليابانية فى مجال المنتوج ، موضحاً ذلك بالمقارنة مع المدخل التقليدى ؟

التمارين :

١- شركة (أ ب ج) لإنتاج الثلاجات تلقت طلبيات على منتوجها الجديد من الثلاجات الكبيرة وهى كالآتى :

الأسبوع	عدد الوحدات المطلوبة
١	٨
٢	١٢
٣	١٠
٤	١٥

وقدرت ساعات العمل اللازمة لإنتاج الثلاجة الواحدة (٩٠) ساعة ، وبالنظر لخبرة الشركة السابقة اعتمدت الإدارة معدل تعلم مقداره (٩٠٪) .

المطلوب :

أ - احتساب عدد الساعات المطلوبة لإنتاج الثلاجات الكبيرة فى الأسابيع الأربعة .

ب - معرفة عدد العاملين المطلوب للإيفاء بالطلبيات إذا كان عدد الساعات العمل فى الأسبوع (٤٠) ساعة .

٢- فى ورشة النصر المتحدة كان إنتاج الوحدة من البيوت الخشبية الجاهزة (٦٠) ساعة ، وكان معدل التعلم فى الورشة (٧٥٪) ، ما هو الوقت اللازم لإنتاج الوحدة الثامنة والوحدة السادسة عشرة ؟

٣- استخدم البيانات فى التمرين السابق لاحتساب كلفة الوحدة الرابعة إذا كانت كلفة البيت الخشبى الجاهز الأول (١٢٠٠) دينار ، وذلك باستخدام قانون الخبرة .

المراجع :

أولاً : الكتب

1- E. Adam, jr. and R.J.Ebert, Production and Operations Management, Printice-Hall of India Lmd, New Delhi, 1993.
2- E.S.Buffa and R.K.Sarin, Modern Production/ Operations Management, John - Willy and sons, New York, 1987.
3- P.Kotler, Marketing Management, Printice-Hall International Inc, London 1980.
4- V.S.Ramaswamy and S.Namakumari, Marketing Management, Macmillan India Press, Madras, 1990.
5- J.L.Riggs, Production System: Planning, Analysis and Control, John -Willy and Sons, New York, 1987.
6- R.G.Schroeder, Operations Management, McGrow-Hill Book co. New York 1989.
7- W.J.Stanton, Fundamentals of Marketing, McGrow - Hill kogakasha, LTD. Tokyo, 1978.
8- W.J.Stevenson, Production/Operations Management, Irwin, Homewood. Boston .1990.
9- R.J.Tersine, Production /Operation Management, North Holland .1980.
10- M.A.Vandermbase and G.P.White ,Operations Management, Irwin, Homewood .Boston.1990.

ثانيا : الدوريات

1- S.S.Roach, Service under Siege: The Restructuring Imperative, HBR. Sep- Oct.1991. PP82-91.
2- S.C.Wheelwright and R.H.Hayes, Link Manufacturing Process and Product Life Cycles, HBR. Jan-Feb .1979.pp133-140.

الفصل السادس : المنتوج

الملحق (٢) : المزيج الإنتاجي باستخدام البرمجة الخطية

١ – المدخل .

٢ – البرمجة الخطية : المكونات والافتراضات .

٣ – مسألة الحد الأعلى .

٤ – مسألة الحد الأدنى .

٥ – مزايا ومحددات البرمجة الخطية .

٦ – استخدام الحاسبة فى البرمجة الخطية .

الأسئلة .

التمارين .

المراجع .



١ - المدخل :

تعتبر البرمجة الخطية من أكثر الأساليب الكمية انتشاراً واستخداماً ، وهي طريقة بيانية (في حالة وجود متغيرين) أو رياضية (أو كلاهما) لتخصيص الموارد النادرة لتحقيق هدف يكون عادة إما الحد الأعلى كما هو الحال في تحقيق الحد الأعلى من الربح أو المبيعات ، ومثل هذه الحالة تسمى مسألة الحد الأعلى أو التعظيم ، أو يكون الهدف هو الحد الأدنى كما في خفض الكلفة أو الخسارة و غيرها ، و مثل هذه الحالة تدعى مسألة الحد الأدنى أو التصغير ، ولأن البرمجة الخطية تساعد في مثل هذه المسألة على إيجاد الحل الأمثل ؛ فقد وجدت لها مجالاً واسعًا في التطبيق في المشكلات الإدارية تتعلق بالاستخدام الكفء المتمثل بتخصيص الموارد المحدودة و النادرة للإيفاء بالأهداف المرغوبة . ولأن الاختيارات المتاحة لاستخدام هذه الموارد كبيرة و أحيانًا لا محدودة ، كما أن وجود قيود و محددات على استخدام هذه الموارد يجعل الطرق التقليدية كطريقة التجريب (المحاولة و الخطأ) أو الطريقة البدهية مكلفة و غير ملائمة و في أغلب الأحيان لا تضمن التوصل إلى الحل الأمثل - ففي مثل هذه المسائل فإن البرمجة الخطية تمثل أداة فعالة وأسلوبًا كفئًا في التوصل إلى الحل الأمثل الذي يضمن تحقيق الهدف و يفي بالقيود المفروضة على الموارد .

إن طريقة الحل بالبرمجة الخطية المعروف بطريقة السمبلكس يعود الفضل في وضعها إلى (جورج دانتزك G.B.Dantzig) الذي عمل خلال الحرب العالمية الثانية في الأساليب الرياضية لحل المشكلات اللوجستية العسكرية ؛ ليتمكن في عام ١٩٤٧م من التوصل إلى الحل الأمثل لتخصيص الموارد المتاحة بطريقة السمبلكس ؛ لتصبح هذه الطريقة أداة شعبية لسعة انتشارها و استخدامها . و لقد أشارت إحدى الدراسات التي أجريت على استخدام الأساليب الكمية إلى أن هناك ثلاثة أساليب هي الأكثر استخداماً و هي حسب الأهمية : البرمجة الخطية ، طريقة النقل ، و برمجة الأهداف ، تليها الأساليب الأخرى في الأهمية مثل : نظرية القرار ، النماذج الشبكية ، نماذج المخزون ، و نظرية خطوط الانتظار .

٢- البرمجة الخطية : المكونات و الافتراضات :

يمكن تعريف البرمجة بأنها طريقة لتحديد الحل الأمثل أو المزيج الإنتاجى الأمثل الذى يحقق الاستغلال الأمثل للموارد النادرة المستخدمة خلال فترة معينة ، والواقع أن مصطلح البرمجة يشير إلى الطريقة المنظمة التى من خلالها يتم وضع تصميم الحل أو خطة الأنشطة . وهذه الطريقة (فى البرمجة الخطية) تتألف من مجموعة من التعليمات و القواعد الحسابية (و البيانية) التى يمكن تنفيذها يدويًا أو بواسطة الحاسبة . أما مصطلح الخطية فإنه يشير أولاً إلى الدوال والمعادلات المستخدمة (أ١س١ + أ٢س٢ ... أن س ن) ، و ثانيًا إلى افتراضات أساسية كالتناسبية و الإضافة . و تتكون البرمجة الخطية من ثلاثة مكونات هى :

أ – **دالة الهدف** : تدعى أيضًا معيار الكفاءة ، و هى دالة رياضية توضح العلاقة بين متغيرات القرار (النموذج) فى المسألة و الهدف : والدالة تكون خطية أما الهدف فيكون إما بصيغة الحد الأعلى أو الحد الأدنى .

ب – **متغيرات القرار** : هى تمثل الخيارات المتاحة لصانع القرار ، وقيمها فى البرمجة الخطية تحدد الحل الأمثل . ففى مشكلة المزيج الإنتاجى فإن كميات المنتجات التى يتم إنتاجها بالموارد المتاحة المستخدمة فى المصنع تمثل متغيرات القرار .

ج– **القيود** : هى محددات تقيد البدائل المتاحة لصانع القرار ، ففى مسألة المزيج الإنتاجى فإن مدى توفر المواد و ساعات العمل و السعة الإنتاجية تمثل قيوداً لابد من الإيفاء بها فى حل المسألة .

توجد ثلاثة أنوا ع من القيود ، الأول : هو قيد أقل من أو يساوى (– ، =) و هذا القيد يفترض لكى يكون الحل الأمثل ممكنًا يجب ألا يتم تجاوز هذا القيد (أو القيود) فى استخدام الموارد المتاحة . و الثانى : هو قيد أكبر من أو يساوى (+ ، =) و هذا القيد يفترض فى الحل الأمثل ألا يقل استخدام المورد (أو الموارد) عن مقدار معين . و الثالث : هو قيد التساوى (=) و هو أكثر حرجًا ؛ لأنه يتطلب الالتزام بدقة بالكمية المتاحة والمحددة عكس القيدين الآخرين الذين لا يمثلان رقمًا واحداً وإنما يمثلان مدى معينًا .

لنفرض أن مدير الإنتاج فى شركة لصناعة الأثاث يقوم بجدولة الإنتاج من الأبواب و الشبابيك ، و يتوقع أن تتوفر (١٥٠) وحدة من الألواح الخشبية و (١٢٠) ساعة عمل فى الأسبوع . كل باب واحد يتطلب (٣) وحدات من الألواح و ساعتان من العمل . و كل شباك يستخدم (٤) وحدات من الألواح و (٥) ساعات عمل . وإن ربح الباب الواحد (٨) وربح الشباك الواحد (١٠) دينارات . وإن مدير الإنتاج يلتزم عادة بإنتاج (٤) أبواب على الأقل . والمطلوب هو إيجاد المزيج الإنتاجى الذى يحقق أعلى برح كلى .

هذه المسألة هى من مسائل الحد الأعلى ، حيث المطلوب فيها تحقيق أقصى الربح . إن متغيرات القرار هى الأبواب و الشبابيك ؛ فإذا فرضنا أن عدد الأبواب المنتجة هى (س١) و عدد الشبابيك (س٢) و (هـ) تمثل الحد الأعلى من الربح الكلى ؛ فمن الممكن صياغة هذه المسألة فى البرمجة الخطية كالآتى :

الحد الأعلى هـ= ٨ $\text{س}_{١}$ + ١٠ $\text{س}_{٢}$　　(دالة الهدف)

٣ $\text{س}_{١}$ + ٤$\text{س}_{٢}$　١٥٠　　(قيد الألواح الخشبية)

٤$\text{س}_{١}$ +٥ $\text{س}_{٢}$　١٢٠　　(قيد ساعات العمل)

$\text{س}_{١}$　٤　　(شرط إنتاج ما لا يقل عن أربعة أبواب)

$\text{س}_{١}$ ، $\text{س}_{٢}$　صفر　　(شرط عدم السلبية)

أما افتراضات البرمجة الخطية ؛ فإنها تمثل شروطًا أساسية يجب المحافظة عليها فى بناء النموذج لضمان الاستخدام السليم للنموذج ، و تكون نتيجة النموذج صادقة أى موثوقة . و الواقع أن هذه الافتراضات تمثل قيداً على استخدامات البرمجة الخطية ، وتحد من انطباقها على المشكلات الواقعية ، و نعرض بإيجاز لهذه الافتراضات :

أولاً – التناسبية : إن دالة الهدف والقيود يجب أن تكون متناسبة (خطية) مع مستوى استخدام متغيرات القرار ، ففى مسألة المزيج الإنتاجى ؛ فإن مقدار المادة الداخلة فى كل وحدة من المنتوج تظل ثابتة ، وبالتالى فإن كميتها تتزايد بشكل متناسب مع زيادة عدد وحدات المنتوج .

ثانيًا - الإضافية : أى أن كل نشاط يضاف بالعلاقة مع الموارد يتحدد بمجموعة القيود ، ففى مسألة المزيج الإنتاجى لمنتوجين (س) و (ص) ؛ فإن المنتوج (س) لا يمكن أن يؤثر على معدل ربح (ص) مهما أنتج من المنتوج (س) وبالعكس .

ثالثًا - التأكد : إن البرمجة الخطية تفترض أن المعاليم و معاملات القيود تكون ثابتة و معلومة ، ففى مسألة المزيج الإنتاجى ، فإن المعاليم أو الربح المتحقق من إنتاج وحدة واحدة من المنتوج (س) ومن المنتوج (ص) فى مشكلات الحد الأعلى - تكون ثابتة ومعلومة .

رابعًا - قابلية القسمة : إن هذا الافتراض يشير إلى أن متغيرات القرار يمكن أن تأخذ قيمًا كسرية ، ففى مسألة المزيج الإنتاجى عندما تكون متغيرات القرار هى مواد أولية أو ساعات عمل - فإن (٢ , ٠) من مادة أولية أو من ساعة عمل تمثل قيمة ممكنة . و عندما تكون متغيرات القرار هى آلات أو عمال ؛ فإن (٢ , ٠) من الآلة أو العمال فى الحل تعالج عن طريقة التقريب لأقرب قيمة صحيحة .

خامسًا - عدم السلبية : هذا الافتراض سهل الفهم ففى مسألة المزيج الإنتاجى ؛ فإن هذا الافتراض يشير إلى أنه من غير الممكن إنتاج أقل من صفر من المنتوج (س) أو المنتوج (ص) و بالتالى فإن (س ، ص صفر) .

كما أشرنا فإن البرمجة الخطية تستخدم فى نوعين من المسائل هما : مسألة الحد الأعلى (التعظيم) الحد الأدنى (التدنية أو التصغير) . و فى عملية تحديد المزيج الإنتاجى فإن مسألة الحد الأعلى تظهر عندما يكون معلومًا الربح المتحقق من كل وحدة منتجة من كل منتوج من المنتجات المتعددة التى ينتجها المصنع ، ويكون الهدف هو التوصل إلى تحديد كميات المزيج الأمثل من المنتجات الذى حقق الحد الأعلى من الربح ، فى حين أن الحد الأدنى يظهر عندما يكون الربح المتحقق من كل وحدة منتجة غير معلوم (ظروف سوق غير مستقرة) ، أو ليس له الأولوية كما فى المنظمات غير الموجهة للربح ؛ فتكون الكلفة هى المعلمة ، وأن خفض الكلفة إلى الحد الأدنى هو الهدف من خلال المزيج الإنتاجى الذى حقق ذلك .

ومن أجل حل هذه المسائل ؛ يمكن استخدام الطريقة البيانية فى المسائل التى فيها متغيران اثنان ، أو استخدام طريقة السمبلكس فى المسائل التى فيها متغيران اثنان أو أكثر ، وهى طريقة جبرية تكرارية لحل هذه المسائل وفق قواعد وخطوات محددة و فعالة فى الوصول إلى الحل الأمثل . وسنركز على طريقة السمبلكس فى هذا الملحق لحل كلا النوعين من مسائل المزيج الإنتاجى ، و من أجل التوسع يمكن الرجوع إلى المصادر الكثيرة فى الأساليب الكمية و بحوث العمليات .

٣- مسألة الحد الأعلى :

إن مسألة الحد الأعلى هى التى يكون الهدف من حلها تحقيق أكبر عائد أو أعلى ربح ممكن ، وفى مشكلة المزيج الإنتاجى ؛ فإن المصنع يستخدم طريقة السمبلكس للتوصل إلى الإجابة عن السؤال : كم ينتج من كل منتوج من المنتجات المكونة للمزيج الإنتاجى لتحقيق أعلى ربح ممكن . و من أجل توضيح طريقة السمبلكس فى حل مسائل الحد الأعلى نأخذ المثال (١) .

مثال (١) :

تقوم الورشة الحديثة بإنتاج نوعين من الشبكات المعدنية ، و تحتاج الوحدة من النوع الأول إلى (٣) ساعات عمل و (٤) أمتار من الأسلاك المعدنية ، والوحدة من النوع الثانى تحتاج (٣) ساعات عمل و (٦) أمتار من الأسلاك المعدنية علماً بأن المتاح من ساعات العمل فى الأسبوع (٦٦) ساعة ، و من الأسلاك المعدنية التى تستخدم فى كلا النوعين من المنتجات (١٢٠) متراً ، وإن الربح المتحقق من بيع الشبكة المعدنية الواحدة من النوع الأول (١٠) دنانير ومن النوع الثانى (١٢) ديناراً ، وبسبب الطلب العالى فإن الورشة تبيع كل من تنتجه .

المطلوب : ماهو المزيج الإنتاجى من الشبكات المعدنية الذى تنتجه الورشة لتحقيق أعلى ربح ممكن ؟

الحل :

إن حل هذه المسألة يتطلب خطوات أساسية من أجل التوصل إلى الحل الأمثل الذى يحدد المزيج الإنتاجى و الربح الأعلى الناتج عنه وهى كالآتى :

الخطوة الأولى : صياغة مسألة البرمجة الخطية

نبدأ بتحديد متغيرات القرار المتمثلة بالنوعين من الشبكات المعدنية و لنفرض أن :

س١ = عدد الشبكات المعدنية المنتجة من النوع الأول .

س٢ = عدد الشبكات المعدنية المنتجة من النوع الثانى .

و من ثم تحديد دالة الهدف حيث (هـ) تمثل الحد الأعلى من الربح :

هـ = ١٠ س١+١٢س٢

و تحديد القيود ، حيث القيد الأول يتمثل فى ساعات العمل المحدودة فى الأسبوع ويكون القيد :

ط٣ س١ + ٣ س٢   ٦٦

والقيد الثانى يمثل كمية المواد المستخدمة فى النوعين من الشبكات المعدنية فى الأسبوع فيكون القيد :

٤ س١ + ٦ س٢   ١٢٠

و قيود عدم السلبية :

س١ ، س٢   صفر

و يمكن كتابة هذه المسألة بشكل كامل :

أوجد الحد الأعلى   هـ = ١٠س١+١٢٠ س٢

القيود   ٣س١ + ٣س٢   ٦٦

٤س١ + ٦س٢   ١٢٠

س١ ، س٢ ،   صفر

الخطوة الثانية : تحويل المتباينات إلى معادلات

وذلك بإضافة متغير خامل إلى كل قيد ؛ فنستخدم المتغير الخامل (ص١) للقيد الأول المتعلق بساعات العمل ، و (ص٢) للقيد الثانى المتعلق بالأسلاك المعدنية . ولغرض التمثيل الجدولى للمسألة ؛ فإن المتغيرات الخاملة تظهر كلها فى كل قيد إلا أن كل متغير خامل لا يفترض ظهوره فى القيد يكون معامله صفراً ، أى أن (ص٢) يكون معامله صفراً فى القيد الأول ، و(ص١) يكون معامله صفراً فى القيد الثانى ، كما أن المتغيرات الخاملة (التى لا يفترض ظهورها فى دالة الهدف) تكون معاملاتها صفراً . وعند القيام بهذه الخطوة تكون المعادلات :

الحد الأعلى هـ = ١٠ س١ + ١٢ س٢+ صفر ص١ + صفر ص٢

القيود ٣س١ + ٣س٢ + ١ص١ + صفر ص٢ = ٦٦

٤س١ + ٦س٢ + صفر ص١ + ١ ص٢ = ١٢٠

س١ ، س٢ ، ص١ ، ص٢ ≤ صفر

الخطوة الثالثة : حل النموذج بطريقة السمبلكس

أ – إعداد الجدول الأولى

فى هذه الخطوة يتم تخصيص عمود واحد لكل متغير ، وصف واحد لكل قيد فى الجدول ، وإضافة صف معيار السمبلكس أو صف التغير الصافى (ج ل – هـ ل) . وأدناه الجدول الأولى :

المتغيرات الأساسية	س١	س٢	ص١	ص٢	قيم الحل
ص١	٣	٣	١	صفر	٦٦
ص٢	٤	٦	صفر	١	١٢٠
ج ل – هـ ل	١٠	١٢	صفر	صفر	

إن الجدول الأولى السابق يمثل بداية الحل (نقطة الأصل) حيث لا توجد وحدات منتجة من كلا النوعين من الشبكات المعدنية . ويوضح العمود الأول المتغيرات الأساسية التى فى نقطة الأصل هى (ص١) و (ص٢) . أما المتغيرات (س١) و(س٢) فتكون متغيرات غير أساسية ذات قيمة صفر فى الجدول الأولى ، وبالتالى لا توجد أرباح متحققة ؛ لهذا فإن المتغيرات تكون قيمها فى الجدول الأولى كالآتى :

س١ = صفر ص١ = ٦٦

س٢ = صفر ص٢ =١٢٠

أما بقية مصفوفة الجدول فتمثل معاملات متغيرات القرار (النوعين من المنتجات) والمتغيرات الخاملة كما ظهرت فى المعادلات . وتمثل قيم صف (ج ل - هـ ل) فى كل عمود كلفة الفرصة البديلة الصافية عند عدم إدخال وحدة واحدة من متغير العمود المناظر ، ويمكن التعبير عنها بأنها قيم الربح الصافى التى يمكن تحقيقها عند إدخال وحدة واحدة من متغير العمود المناظر ؛ وبالتالى فإن هذه القيم تمثل التحسين الممكن فى دالة الهدف .

وحيث إن عدم الإنتاج - كما فى الجدول الأولى حيث إن قيم (س١) و (س٢) هى صفر - لا يمثل عادة حلاً أمثل ؛ لهذا يتم تطوير جدول السمبلكس الجديد ، وقبل القيام بذلك لابد من اختبار الأمثلية ؛ من أجل التأكد من أن الجدول الذى تم إعداده لا يمثل الجدول الأمثل .

ب- اختبار الأمثلية

إن هذه الخطوة تكرر مع كل جدول من جداول السمبلكس ، وفى مسائل الحد الأعلى ؛ فإن الحل (الجدول) يكون الأمثل ، إذا كانت كل قيمة من قيم صف (ج ل - هـ ل) سالبة أو صفراً ، وإن وجود قيمة موجبة فى هذا الصف يعنى فى طريقة السمبلكس أن هناك إمكانية لتحسين الحل وصولاً إلى الحل الأمثل . وفى الجدول الأولى يمكن أن نلاحظ أن صف (ج ل - هـ ل) فيه أكثر من قيمة موجبة ؛ لهذا فإنه لا يمثل الحل الأمثل ؛ لهذا نقوم بالخطوة الرابعة .

الخطوة الرابعة : تطوير الجدول الجديد (الثانى)

للقيام بهذه الخطوة نبدأ بتحديد العمود المحورى وهو العمود ذو أكبر قيمة موجبة فى صف (ج ل – هـ ل) ؛ حيث إن أكبر قيمة موجبة فى هذا الصف تحدد العمود الذى يحقق الحد الأعلى من الربح . ومن الجدول الأولى نلاحظ أن العمود المحورى يتمثل فى عمود القيمة (١٢) فى صف (ج ل – هـ ل) . إن العمود المحورى يحدد المتغير الداخل إلى مجموعة المتغيرات الأساسية ، أى أن المنتوج (س٢) هو المنتوج الأول الذى نختاره من أجل البدء بإنتاجه ضمن المزيج الإنتاجى ؛ لأنه يحقق أعلى ربح فى كل وحدة ، وأن دخول أحد المتغيرات ضمن المتغيرات الأساسية (فى مثالنا س٢) يفترض أن يكون هناك متغير آخر سيخرج من المتغيرات الأساسية ، ولتحديد هذا المتغير ؛ لابد من تحديد الصف المحورى . إن عملية تحديد الصف المحورى تتطلب بعض الحسابات لمعرفة أكبر عدد من وحدات المتغير الداخل الذى يمكن أن يقدم أو ينتج فى الحل لتحل محل واحد من المتغيرين (ص١) أو (ص٢) ؛ لهذا لابد أن نعرف كم من الوحدات تدخل من المتغير (س٢) بدون تجاوز قيد الموارد المتاحة ، وهذا يعنى أن علينا أن نحسب العدد الأقصى المسموح من وحدات المنتوج (س٢) الذى يمكن أن تدخل الحل بدون انتهاك قيود عدم السلبية . وللقيام بذلك نقوم بقسمة أعداد عمود قيم الحل على ما يناظرها من أعداد فى العمود المحورى بشرط أن يكون المقسوم عليه قيمة موجبة وهذا متحقق فى الجدول .

$$\frac{١٢٠}{٦} = ٢٠ \qquad \text{(القيمة الأصغر)}$$

إن الصف المحورى يتحدد بالقيمة الأصغر لناتج القسمة ؛ حيث إن الصف الذى يمثل ناتج القسمة يحدد المتغير الخارج وهو فى هذه الحالة (ص٢) . ولابد من أن نشير إلى أن ناتج القسمة يعنى أننا نستطيع أن نقدم (٢٢) وحدة من (س٢) قبل أن تصبح قيمة (ص١) سالبة ، و (٢٠) وحدة بين (س٢) قبل أن تصبح (ص٢) سالبة ، إذن فالقاعدة هى أن الصف المحورى يتحدد بأدنى ناتج قسمة .

بعد تحديد العمود المحورى والصف المحورى يصبح من السهل تحديد العنصر المحورى ، أو ما يدعى أحياناً عنصر التقاطع وهو ذلك العدد الذى يتقاطع عنده العمود المحورى مع الصف المحورى ، وفى مثالنا فإن العدد المحورى هو (٦) ، وجدول السمبلكس أدناه يوضح هذه العمليات :

الجدول الأولى مع تحديد العمود المحورى والصف المحورى :

المتغيرات الأساسية	س١	س٢	ص١	ص٢	قيم الحل
ص١	٣	٣	١	صفر	٦٦ : ٢٢ = ٦٦ / ٣
ص٢	٤	(٦)	صفر	١	١٢٠ : ٢٠ = ١٢٠ / ٦
ج ل - هـ ل	١٠	١٢	صفر	صفر	

العمود المحورى (المتغير الداخل)　　أعلى قيمة موجبة　　العدد المحورى　　الصف المحورى (المتغير الخارج)

ولوضع الجدول الجديد ؛ ينبغى إحلال المتغير الداخل (س٢) محل المتغير الخارج (ص٢) ، ومن ثم إجراء الحسابات الضرورية لمكونات الجدول ، وذلك بتوليد صف واحد فى كل مرة باستخدام قاعدتين مختلفتين ، هما :

القاعدة الأولى : تتعلق بالصف المحورى (صف المتغير الخارج) ، ويتم وفق هذه القاعدة احتساب الصف المناظر للصف المحورى ووضعه فى الجدول الجديد وذلك بقسمة كل معامل فى الصف المحورى على العدد المحورى (عنصر التقاطع) ، ولتنفيذ هذه العملية ؛ نقوم بقسمة الأعداد (٤ ، ٦ ، صفر ، ١ ، ١٢٠) على (٦) ؛ فنحصل على الصف المناظر للصف المحورى (٤ \ ٦ ، ١ ، صفر ، ١ \ ٦ ، ٢٠) .

القاعدة الثانية : تتعلق باحتساب الصفوف الأخرى ؛ حيث نستخدم الصف المحسوب وفق القاعدة الأولى كأساس لاحتساب الصفوف الأخرى ، فعند احتساب الصف المناظر للصف الأول – يتم ضرب الصف المحسوب وفق القاعدة الأولى بالمعامل (٣) الذى يمثل العدد الذى يمثل العدد الذى يقع فى العمود المحورى فى الصف المطلوب احتسابه ، ومن ثم طرح الناتج من معاملات الصف القديم ، أى :

معاملات الصف الأول ـ (معاملات الصف المحسوب فى القاعدة الأولى x ٣)

معاملات الصف الأول	٣	٣	١	صفر	٦٦	
ناتج عملية الضـــرب	٢	٣	صفر	$\frac{١}{٢}$	٦٠	بالطرح
الصف الأول الجديـــد	١	صفر	١	$-\frac{١}{٢}$	٦	

يمكن احتساب هذه الصفوف (عدا الصف المحورى) باستخدام طريقة أخرى ، وفق الصيغة الآتية لاحتساب أعداد هذه الصفوف :

العـدد فـي الصف الجديد = العـدد فـي الصف القديم − [العـدد المحورى × العدد المناظر فى الصف المحورى الجديد]

إن جدول الصفوف الجديدة يوضح نتائج احتساب الصف المناظر للصف المحورى والصف الآخر ، أى بعد أن تم إحلال (س٢) محل (ص٢) ، وبنفس الطريقة نقوم باحتساب صف (ج ل– هـ ل) الجديد . والجدول الثانى يوضح نتائج هذه الحسابات :

الجدول الثانى :

المتغيرات الأساسية	س١	س٢	ص١	ص٢	قيم الحل
ص ١	١	صفر	١	- ١/٢	٦ ← ٦/١ = ٦
ص ٢	٣/٢	١	صفر	٦/١	٢٠ ← ٢٠ ÷ $\frac{٢}{٣}$ = ٣٠
ج ل – هـ ل	٢	صفر	صفر	- ٢	

عند اختبار الجدول الثانى نجد أن صف (جـ ل - هـ ل) لازال يحتوى على قيمة موجبة ؛ مما يشير الى أن الحل الأمثل لم يتحقق ، وأن تطوير الحل ممكن . وبالتالى لابد من تطوير الجدول الثالث .

الخطوة الخامسة : تطوير الجدول الثالث

إن تطوير الجدول الثالث يتم بنفس الطريقة التى تم فيها تطوير الجدول الثانى ؛ فنبدأ بتحديد العمود المحورى (المتغير الداخل) الذى يتمثل بالعمود الذى يضم أكبر قيمة موجبة فى صف (جـ ل - هـ ل) ، حيث إن عمود (س$_١$) هو العمود المحورى ، ومن ثم تحديد الصف المحورى (المتغير الخارج) بقسمة قيم الحل على ما يناظرها من معاملات على العمود المحورى ؛ فيكون صف (ص$_١$) هو الصف المحورى ، ومن ثم تحديد العدد المحورى وهذا يتمثل بالعدد (١) . ومن ثم احتساب الصفوف فى الجدول الثالث بما فى ذلك صف (جـ ل- هـ ل) باستخدام نفس القاعدتين ، والجدول الثالث يوضح النتائج :

الجدول الثالث :

المتغيرات الأساسية	س$_١$	س$_٢$	ص$_١$	ص$_٢$	قيم الحل
١٠ س$_١$	١	صفر	١	$-\frac{١}{٢}$	٦
١٢ س$_٢$	صفر	١	$-\frac{٢}{٣}$	$-\frac{١}{٢}$	١٦
ج ل - هـ ل	صفر	صفر	- ٢	- ١	

وحيث إن كل قيم (ج ل - هـ ل) = صفر ؛ فإن الحل المتحقق فى الجدول الثالث يمثل الحل الأمثل ، وبهذا نصل إلى الحل النهائى ؛ لذا فإن الحل الأمثل يكون :

س$_١$ = ٦ وحدات من الشبكات المعدنية من النوع الأول .

س$_٢$ = ١٦ وحدة من الشبكات المعدنية من النوع الثانى .

هـ = (١٠×٦) + (١٢×١٦) = ٢٥٢ ديناراً من الربح الكلى .

٤ - مسألة الحد الأدنى :

فى شركات الأعمال كما تكون بعض المسائل من نوع مسائل الحد الأعلى - يكون البعض الآخر من نوع الحد الأدنى ؛ حيث يكون الهدف هو إيجاد المزيج الإنتاجى الذى يحقق أدنى كلفة كلية ممكنة أو تصليح مزيج الآلات بواسطة طواقم الصيانة بأدنى كلفة كلية . والواقع أن مسائل الحد الأدنى تبرز بشكل واسع فى المنظمات غير الموجهة إلى الربح ؛ حيث تصبح الكلفة معياراً أساسياً فى الاستخدام الكفء للموارد .

إن طريقة حل مسألة الحد الأدنى متماثلة مع حل مشكلة الحد الأعلى ، وإن الفرق الأساسى يتمثل فى تحويل هذه المسألة من مشكلة حد أدنى إلى مسألة حد أعلى : عندئذ يمكن حل هذه المسالة بالطريقة التى عرضنا لها فى المثال (١) .

إن عملية تحويل المسألة من الحد الأدنى إلى الحد الأعلى يمكن أن تتم بتغيير علامات معاملات الكلفة فى دالة الهدف مع ترك القيود بدون تغيير ، وإن عملية التحويل تجعل اختبار الأمثلية يعتمد على أن تكون جميع قيم صف (ج ل – هـ ل) إما موجبة أو مساوية لصفر ، وبالتالى فإن الحل الأمثل فى مسائل الحد الأدنى يتحقق عندما يكون :

ج ل – هـ ل   صفر لكل قيم الصف .

وإن المتغير الداخل يتحدد بأكبر قيمة ذات علاقة سالبة فى صف (ج ل – هـ ل) ، كما أن ظهور متباينات القيود من نوع أكبر من أو يساوى (+ ، =) يجعل من الضرورى إضافة متغيرات اصطناعية وكذلك متغيرات فائضة ، فإذا كنا قد استخدمنا المتغيرات الخاملة فى مسائل الحد الأعلى لتحويل المتباينة ذات العلامة أصغر من أو يساوى (– ، =) إلى معادلة كما فى القيد الآتى :

٥ س١ + ٣ س٢   ٣٠

تصبح المعادلة بعد استخدام المتغير الخامل كالآتى :

٥ س١ + ٣ س٢ + ص ١ = ٣٠

والمتغير الخامل فى هذه الحالة يأخذ قيمة الفرق (٣٠- (٥ س١ + ٣ س٢)= ص١ ، ولكن إذا كان القيد به علامة (+) تستخدم المتغيرات الفائضة والاصطناعية . فلو فرضنا أن القيد الثانى كان :

٢س١ + ٤ س٢ ١٥

فى هذه الحالة يجب استخدام المتغير الفائض عند تحويل المتباينة إلى معادلة ليصبح القيد :

٢س١ + ٤ س٢ – ص٢ = ١٥

إن المتغير الفائض يكون مطروحًا ليمثل (قيمة أكبر من) ، فإذا كانت (٢س١ + ٤ س٢ =٢٥) ؛ فإن (ص٢) ستأخذ الفرق الزائد المطروح (١٠) . ولابد من الإشارة إلى أن طريقة السمبلكس تفترض أن متغيرات القرار قيمتها صفر عند بداية الحل أو فى نقطة الأصل ؛ مما ينتج عنه أن (ص٢ = – ١٥) وهذا غير مقبول ؛ لهذا يجب إضافة متغير آخر هو المتغير الاصطناعى ؛ ليصبح القيد :

٢س١ + ٤ س٢ – ص٢ + أ١ = ١٥

إن الأساس المنطقى لاستخدام المتغير الاصطناعى (أ١) هو للمحافظة على افتراض عدم السلبية ؛ لأن طريقة السمبلكس عند وضع الجدول الأولى تبدأ بجعل المتغيرات الحقيقية (س١ ، س٢) مساوية لصفر ؛ لذا :

٢ (صفر) + ٤ (صفر) – ص٢ = ١٥

– ص٢ = ١٥ (انتهاك عدم السلبية)

لهذا فإن استخدام المتغير الاصطناعى يعمل على عدم انتهاك عدم السلبية لجميع المتغيرات ؛ حيث إن المتغير الاصطناعى يكون فى حالة (س١ = صفر) و(س٢ = صفر) :

٢س١ + ٤س٢ – ص٢ + أ١ = ١٥

أ١ = ١٥

أما إذا كان القيد بصيغة التساوى (=) أى عدم وجود متباينة لتحويلها إلى معادلة ؛ فإننا لغرض تسهيل الحل بطريقة السمبلكس وإعداد الجدول الأولى نستخدم متغيراً اصطناعياً فقط ، فإذا كان لدينا القيد الثالث كالآتى :

$$٣ س_١ + ٢ س_٢ = ٦$$

فيصبح القيد :

$$٣ س_١ + ٢ س_٢ + أ_٢ = ٦$$

مع التأكيد على أن ($أ_٢$) يكون بدون دلالة أو أهمية فى المسألة الأصلية ولا يظهر فى الحل النهائى ؛ ولهذا تتم معالجته بطريقة معروفة هى طريقة (م) الكبيرة لضمان عدم ظهورها فى الحل النهائى .

وبدون التوسع فى هذه الجوانب التى يمكن الاطلاع على المزيد من التفصيلات والحالات فى أدبيات الأساليب الكمية وبحوث العمليات وعلم الإدارة - فإننا نأخذ مثالاً عن مسائل الحد الأدنى ذات علاقة بالمزيج الإنتاجى كما فى المثال (٢) .

مثال (٢) :

مصنع الوطن يقوم بإنتاج نوعين من الأبواب الخشبية ، وقد استطاع أن ينتج النوع الأول من الأبواب بكلفة (٦) دنانير ، والنوع الثانى بكلفة (٨) دنانير فى ظل قيود يفرضها العمال الذين يستخدمهم والموردين الذين يتعامل معهم ؛ حيث كان العمال يشترطون للعمل فى المصنع ألا يقل عدد ساعات العمل المتاحة فى المصنع فى اليوم عن (٩٠) ساعة ، كما أن الموردين لايوردون الألواح الخشبية للمصنع بأقل من (٦٠) لوحاً خشبياً فى اليوم .

المطلوب : تحديد المزيج الإنتاجى من كلا النوعين من الأبواب بأدنى كلفة كلية .

الحل : يمكن صياغة المسألة كالآتى ، بافتراض أن النوع الأول من الأبواب هو ($س_١$) ومن النوع الثانى هو ($س_٢$) :

الحد الأدنى $هـ = ٦س_١ + ٨ س_٢$

٢س١ + ٨ س٢ ٩٠

٣س١ + ٤ س٢ ٦٠

س١ ، س٢ صفر

لحل هذه المشكلة نقوم بالخطوات الآتية :

الخطوة الأولى : تحويل المتباينات إلى معادلات ؛ وذلك بإضافة المتغيرات الفائضة والاصطناعية ؛ فيصبح القيد الأول كالآتى :

٢س١ + ٨س٢ – ص١ + أ١ =٩٠

والقيد الثانى :

٣س١ + ٤س٢ – ص٢ + أ٢ =٦٠

ولأن (أ١) و (أ٢) بدون دلالة أو معنى فى المسألة الأصلية ، ويجب ألا تظهر فى الحل النهائى ، ولضمان ذلك فإن المتغيرات الاصطناعية (أ١ ، أ٢) تدخل فى دالة الهدف مع استخدام الرمز (م) لمعاملات لها ؛ حيث إن م >> صفر (وتقرأ أن م أكبر بكثير من صفر ، أى أن (م) هى عدد كبير موجب ، وهذه الطريقة للتعامل مع المتغيرات الاصطناعية فى البرمجة الخطية تدعى طريقة (م) الكبيرة (مع ملاحظة أن هذه الطريقة يمكن استخدامها فى مسائل الحد الأعلى ، حيث الرمز(م) يمثل عدداً كبيراً سالباً) . إن (م) كعدد كبير موجب يجعل المتغير الاصطناعى كلفة عالية جداً ؛ لكى لا تظهر فى الحل ، وافتراضياً أن (م) هى تقريباً ما لا نهاية ولصعوبة العمل مع ما لا نهاية تستبدل بالرمز (م) . وعلى هذا الأساس فإن دالة الهدف وصياغة المسألة مع المتغيرات الإضافية تكون كالآتى :

الحد الأدنى هـ = ٦س١ + ٨س٢ – صفر ص١ + صفر ص٢ + م أ١ + م أ٢

القيود ٢س١ + ٨س٢ – ص١ + أ١ = ٩٠

٣س١ + ٤س٢ – ص٢ + أ٢ = ٦٠

س١ ، س٢ ، ص١ ، ص٢ ، أ١ ، أ٢ صفر

الخطوة الثانية : إعداد جدول السمبلكس الأولى

الجدول أدناه يمثل جدول السمبلكس الأولى حيث س١ = صفر ، س٢ = صفر (متغيرات غير أساسية) .

جدول السمبلكس الأولى								
المتغيرات الأساسية	س١	س٢	ص١	ص٢	أ١	أ٢	قيم الحل	
أ١	٢	(٨)	-١	صفر	١	صفر	٩٠	٩٠/٨ = ١١,٢٥
أ٢	٣	٤	صفر	-١	صفر	١	٦٠	٦٠/٤ = ١٥
ج ل - هـ ل	٦-٥م	٨-١٢م ↑	-م	-م	صفر	صفر		

في حين تكون المتغيرات الاصطناعية متغيرات أساسية أ١ = ٨٠ ، أ٢ = ٦٠ ، كما أن صف معيار السمبلكس (ج ل - هـ ل) يظهر أن الحل الأولى ليس هو الأمثل ؛ لأن قيم (س١) و(س٢) فيه سالبة .

الخطوة الثالثة : تطوير الجدول الثاني

إن أكبر قيمة سالبة في الصف (ج ل - هـ ل) هي (س٢) وهي التي تحدد العمود المحوري والمتغير الداخل ، ومن ثم نحدد الصف المحوري بدلالة أدنى ناتج قسمة لقيم الحل على ما يناظرها من معاملات العمود المحوري ، حيث يظهر أن (أ١) هو المتغير الخارج .

جدول السمبلكس الأولى							
المتغيرات الأساسية	س١	س٢	ص١	ص٢	أ١	أ٢	قيم الحل
س٢	١/٤	١	-١/٨	صفر	١/٨	صفر	١١,٢٥
أ٢	(٢)	صفر	١/٢	-١	-١/٢	١	١٥
ج ل - هـ ل	٤-٢م ↑	صفر	١-م/٢	-م	-١+٣م/٢	صفر	

وعند النظر إلى صف معيار السمبلكس (ج ل - هـ ل) نجد أنه يتضمن قيماً سالبة ؛ مما يعنى أن الحل الأمثل لم يتحقق ، وأن هناك تحسينات لاحقة يمكن تحقيقها على الحل الذى يمثله الجدول الثانى .

الخطوة الرابعة : تطوير الجدول الثالث

إن أكبر قيمة سالبة فى صف (ج ل - هـ ل) هى فى عمود (س١) الذى يتحدد كعمود محورى ، وبقسمة قيم الحل نصل إلى تحديد صف (أ٢) كصف محورى ، وبالتالى فإن (س١) هو المتغير الداخل و(أ٢) هو المتغير الخارج ، ونقوم بنفس الخطوات فى إعداد الجدول الثالث .

جدول السمبلكس الأولى							
المتغيرات الأساسية	س١	س٢	ص١	ص٢	أ١	أ٢	قيم الحل
س٢	صفر	١	١٦/١-	٨/١	١٦/١	٨/١-	٩,٣٧٥
س١	١	صفر	٤/١	٢/١-	٤/١-	٢/١	٧,٥
ج ل - هـ ل	صفر	صفر	٣	٢	م	م-٤	

يلاحظ من الجدول الثالث أعلاه أن جميع القيم فى الصف (ج ل - هـ ل) موجبة أو صفر ، وبالتالى فإن الحل الأمثل قد تحقق ، ولتفسير الأرقام فى الجدول ؛ نشير إلى أن الحل الأمثل يفترض أن يكون المزيج الإنتاجى من الأبواب كالآتى :

إنتاج النوع الأول من الأبواب (س١) = ٧,٥

إنتاج النوع الثانى من الأبواب (س٢) = ٩,٣٧٥

يلاحظ أن قيم (س١) و(س٢) التى تمثل عدد الوحدات المنتجة من كلا النوعين من الأبواب كانت ذات قيم كسرية فى الحل النهائى ، ولأن كسور الأبواب لايمكن اعتمادها عملياً ؛ لهذا نلجأ إلى تقريب الكسور إلى الأعلى فى مسائل الحد الأدنى (والتقريب إلى الأسفل فى مسائل الحد الأعلى) ، ومع أن التقريب طريقة شائعة فى الاستخدام فى هذه الحالات إلا أنه قد يقود إلى صعوبات تتعلق بانتهاك القيود والتأثير الكبير على

الحل النهائى الأمثل ؛ لهذا يمكن اللجوء إلى التقريب عندما تكون قيم المتغيرات كبيرة ، ولاتكون الحالة كذلك فى قيم المتغيرات الصغيرة ، وفى هذه الحالة الأخيرة ؛ نلجأ إلى طريقة فعالة هى برمجة الأعداد الصحيحة .

٥ - مزايا ومحددات البرمجة الخطية :

إن البرمجة الخطية أداة فعالة وقوية فى حل نطاق واسع من مسائل الأعمال ، وهى تعتبر الأسلوب الأكثر تطوراً وشيوعًا من الأساليب الكمية ، فإلى جانب طريقة السمبلكس هناك برمجة الأهداف وبرمجة الأعداد الصحيحة التى توسع وتطور من استخدامات البرمجة الخطية ، ويمكن تحديد مزايا البرمجة الخطية كالآتى :

أ - إن البرمجة الخطية تحقق الاستخدام الأمثل لعوامل الإنتاج فى الشركة ؛ حيث إنها تساعد صانع القرار على تحديد الاستخدام والتوزيع الفعال لعوامل الإنتاج .

ب - إنها تساعد أيضًا على تحسين جودة القرارات ؛ وذلك لأن صانع القرار يصبح أكثر موضوعية باستخدام المعلومات التى تقدمها البرمجة الخطية وأقل ذاتية بجعل آرائه ومشاعره تعتمد على معلومات أكثر دقة ووثوقًا .

ج - إن صانع القرار تمكن باستخدام البرمجة الخطية من امتلاك صورة أوضح للعلاقات فى المعادلات الأساسية والقيود ، ويحقق فهمًا أعمق للمسألة والحل الذى تقدمه له .

د - إن البرمجة الخطية تستخدم تحليل الحساسية (وهو دراسة وتقييم مدى تأثير التغير فى معاملات دالة الهدف والقيود ، وكذلك فى قيم الجانب الأيسر على بقاء الحل النهائى هو الأمثل) ؛ بما يساعد على تعديل المسألة والتوصل إلى الحل المعدل فى ظروف التغيرات الحاصلة فى واحد أو أكثر من متغيرات المسألة .

هـ - إن طريقة السمبلكس تقدم لصانع القرار عند استخدامها فرصة احتساب أسعار الظل التى توفر معلومات مهمة لاتخاذ القرارات المتعلقة بالحصول على الموارد الإضافية واستخدامها فى التحسين الإضافى لدالة الهدف التى يمكن تحقيقها عند

استخدام هذه الموارد الإضافية ؛ مما يخفف من القيود لتوظيف موارد جديدة ، كلما كان ذلك يقترن بمساهمة أكبر من كلفة استخدام وحدة إضافية جديدة .

وإلى جانب هذه المزايا هناك بعض المحددات للبرمجة الخطية نوجزها فى الآتى :

أ - إن المحدد الأول يرتبط بالصعوبات المترافقة مع الطرق الرياضية ، ولايستثنى من ذلك البرمجة الخطية .

ب - فى البرمجة الخطية فإن دالة الهدف والقيود فى مشكلات الأعمال قد تتغير من يوم لآخر ؛ بفعل عوامل داخلية وخارجية ؛ مما يتطلب جهوداً مستمرة للاحتفاظ ببيانات متجددة ومحدثة للتوصل إلى حلول مجدية حقيقية .

ج - فى دالة الهدف والقيود غير الخطية فإن استخدام البرمجة الخطية يؤدى إلى سوء التطبيق ويكون الحل غير ممكن .

د - فى المسائل ذات العوامل سريعة التغير ؛ فإن البرمجة الخطية قد تصبح مكلفة ، ففى مشكلة الحد الأدنى مثلاً وخلال جمع البيانات عن القيود وعوامل الكلفة وصياغة المسألة وحلها قد تكون هذه البيانات قد أصبحت بدون جدوى وخارج الاستخدام .

٦- استخدام الحاسبة فى البرمجة الخطية :

إن النجاح الكبير فى مسائل البرمجة الخطية يعود إلى إنجازين مهمين : الأول ، يتمثل فى تطوير الطريقة المنهجية للتوصل إلى الحل الأمثل فمع أن الأفكار الأساسية للبرمجة الخطية كانت موجودة ، إلا أن الحل للمسائل الواقعية لم يكن ممكناً ؛ حتى قيام (جورج دانتزك G.B.Dantzig) فى أواخر الأربعينيات من هذا القرن بتطوير طريقة السمبلكس التى يمكن أن تتعامل مع عدد من المتغيرات . والإنجاز الثانى يتمثل فى التطوير السريع والتحسين المستمر فى الحاسبات ذات السرعة العالية ، فرغم أن طريقة السمبلكس تتم بشكل يدوى ، إلا أنها بفعل كونها عملية تكرارية تتطلب عمليات حسابية مطولة ومرهقة - جعلت استخدام الحاسبات عملية ضرورية فى حل أغلب مسائل البرمجة الخطية .

لهذا فقد قدمت برمجيات عديدة من أجل حل مسائل البرمجة الخطية ، وهذه البرمجيات سهلة الاستخدام ، وتؤدى إلى تخفيض كبير فى الوقت المطلوب للتوصل إلى الحل النهائى . ومن البرامج فى تطبيق نماذج بحوث العمليات ومنها البرمجة الخطية برنامج (LINDO) ، وقد استخدمه (أندرسون E.Anderson) فى مجال الإنتاج والتصنيع فى كتابه (إدارة التصنيع : النماذج والتحليل) .

كما أن (كراجوسكى ورتزمان Krajewski and Ritzman) طبقا برنامج (MOM) فى حل مسائل البرمجة الخطية . ولعل البرنامج الأكثر استخدامًا هو (Microsoft Excel) ، وقد استخدمه (إيفانس J.REvans) فى صياغة المسائل وحلها فى مجال الإنتاج / العمليات ، ومنها مسائل المزيج الإنتاجى .

والواقع أن هذه البرامج أخذت تؤدى إلى زيادة استخدام البرمجة الخطية ؛ لأن مما يضعف استخدامها هو صعوبة فهم وصياغة المسائل وحلها فى البرمجة الخطية ؛ حيث إن استخدام هذه البرامج سيؤدى إلى عدم الحاجة لفهم خطوات طريقة الحل وللقيام بالعمليات الحسابية المرهقة ؛ من أجل التوصل إلى الحل النهائى .

الأسئلة :

١- وضّح ماذا نعنى بالبرمجة الخطية .

٢- وضّح المصطلحات الآتية : المتغير الخامل ، المتغير الفائض ، المتغير الاصطناعى ، المتغير الأساسى ، والمتغير غير الأساسى .

٣- ماهى الخطوات الأساسية لطريقة السمبلكس ؟

٤- كيف يتم اختبار الأمثلية فى :

أ - مسائل الحد الأعلى .

ب- مسائل الحد الأدنى .

٥- بيّن ماهى المتغيرات التى نستخدمها فى القيود الآتية :

أ - (   )   ب - (   )   ج - (=)

٦ - وضّح ماذا يمثل كل مما يأتى فى جدول السمبلكس الأولى :

أ - صف (ج ل - هـ ل) .

ب - صف المتغيرات الأساسية .

التمارين :

٧- حول القيود التالية إلى معادلات :

٣س$_{١}$ + ٢س$_{٢}$ ١٢

س$_{١}$ + ٢س$_{٢}$ + ٥ س$_{٣}$ = ٤٠

س$_{١}$ ٦

٨ - مصنع يقوم بإنتاج منتوجين ، كليهما يتطلب تخصصيين من العمال (عمال التصنيع وعمال التجميع) وكان وقت العمل المطلوب لإنتاج الوحدة من المنتوج الأول (٤) ساعات من عامل التصنيع و (٥) ساعات من عامل التجميع ، و المنتوج الثانى يتطلب (٥) ساعات و(٣) ساعات على التوالى .

الوقت المتاح لعمال التصنيع (٣٠٠) ساعة فى الأسبوع ولعمال التجميع (٢٤٠) ساعة ، ومن المتوقع أن يكون ربح الوحدة من المنتوج الأول (١٠) دنانير ومن المنتوج الثانى (٥) دنانير . ويعمل المصنع فى سوق رائجة ويستطيع بيع جميع ما يقوم بإنتاجه فى الفترة القادمة .

المطلوب : تحديد المزيج الإنتاجى من المنتوجين الذى يحقق أكبر ربح ممكن .

المراجع :

1- D.R.Anderson et al.,An Introduction to Management Science : Quantitative Applied To Decision Making .St .Paul . Minn West . 1988.

2- E.Anderson, The Management of Manufacturing: Models and Analysis , Irwin , Homewood ,Boston , 1994.

3- T.M.Cook and R.A.Russell , Introduction to Management Sciences, Printice-Hall , Englewood ,Cliffs , New Jersey .1993.

4- J.R.Evans,Production / Operations Management , West Publishing Co. USA.1997.

5- C.A.Gallagher and H.J.Watson , Quantitative Methods for Business Decision, McGraw-Hill Book Co. New York , 1980.

6- L.J.Kragewski and L.P.Ritzman , Operations Management , Addison - Wesley Publishing Co.Reading, Massachusette , 1996.

7- S.M.Lee, et al., Management Science, Wm C.Brown Co. Iowa, 1981.

8- P.G.Mckeown and K.R.Davis, Quantitative Models for Management , Kent Publishing Co. Boston , 1984.

9- W.J.Stevenson, Production \Operations Management, Irwin, Homewood, Boston ,1990.

الفصل السابع : التخطيط الإجمالى

٧-١- المدخل

٧-٢- رؤية كلية للتخطيط الإجمالى

٧-٣- خطط تطوير السعة

٧-٤- ملاءمة السعة / الطلب

٧-٥- مداخل التخطيط الإجمالى

أولاً : مدخل من أعلى إلى أسفل

ثانيًا : مدخل من أسفل إلى أعلى

٧-٦- خطط تسوية التذبذب بالطلب

٧-٧- الطرق المستخدمة فى التخطيط الإجمالى

أولاً : الطريقة البيانية

ثانيًا : الطريقة التجريبية

ثالثًا : الطرق الرياضية

٧-٨- استخدام التخطيط الإجمالى فى الخدمات

الأسئلة

التمارين

المراجع

٧-١- المدخل :

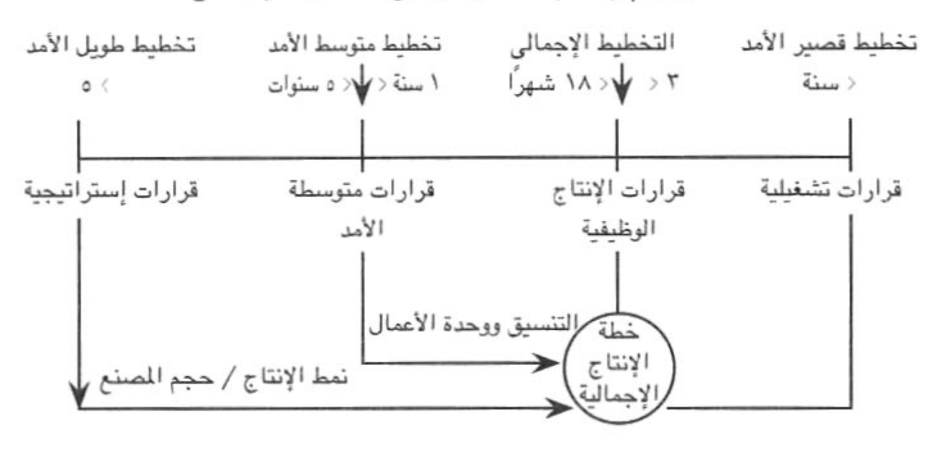
لقد انقضت فترة طويلة كان فيها تخطيط الإنتاج يرتبط بنمط خط الإنتاج ، ويعتمد على عوامل السعة الثابتة طويلة الأمد التى تتمثل بنمط الإنتاج وحجم المصنع . وكان الإنتاج الواسع هو النمط السائد والأكثر كفاءة ، وكانت معايير التقييم المعتمدة هى الكفاءة والإنتاجية والعائد على الاستثمار ، إلا أن هذه المرحلة بعد عدة عقود شهدت تحولاً نحو نمط جديد هو نمط خط الزبون الذى يعتمد بدرجة أكبر على عوامل السعة المتغيرة وقصيرة الأمد مثل : مستويات المخزون ووقت العمل المرن (الوقت الإضافى والجزئى) والتعاقد الثانوى .. إلخ ، وليكون الإنتاج المتنوع هو النمط الأكثر ملاءمة ومعايير التقييم المعتمدة هى المرونة والاستجابة السريعة والخدمة الأفضل للزبون .

وفى سياق هذا التطوير فإن التخطيط الإجمالى يحتل أهمية كبيرة فى إدارة العمليات ؛ لأنه يحقق الربط بين عوامل السعة الثابتة طويلة الأمد وعوامل السعة المتغيرة والقابلة للتعديل فى الأمد القصير مع التركيز على العوامل الخبرة من أجل تحقيق الملاءمة الأفضل للسعة مع الطلب .

٧-٢- رؤية كلية للتخطيط الإجمالى :

يمكن تعريف التخطيط الإجمالى بأنه عملية وضع خطة الإنتاج الإجمالية فى المدى المتوسط (ما بين ٣- ١٨ شهراً) التى يتم تحديد كمية الإنتاج وتوقيته . ومن هذا التعريف ؛ فإن أفق التخطيط يكون متوسط المدى ؛ حيث تسبق التخطيط الإجمالى القرارات الإستراتيجية طويلة الأمد المتعلقة بمستوى السعة . بينما تكون خطة الإنتاج الإجمالية القرار متوسط الأمد الذى هو من مسؤولية إدارة العمليات لتأتى بعده القرارات التشغيلية المرتبطة بجدولة الإنتاج فى المدى القصير . والشكل رقم (٧-١) يوضح الأفق الزمنى للتخطيط الإجمالى الذى هدفه الوصول إلى خطة الإنتاج الإجمالية التى يجب أن تكون منسقة مع الإستراتيجية الكلية للشركة وإستراتيجية وحدة الأعمال .

الشكل رقم (٧-١) : الأفق الزمنى للتخطيط الإجمالى



كما يمكن تعريف التخطيط الإجمالى بأنه عملية الملاءمة بين السعة (العرض) والطلب فى المدى المتوسط ؛ حيث إن السعة (الإنتاجية) هى معدل المخرجات الذى يمكن تحقيقه فى فترة زمنية معينة ، ويمكن النظر إلى السعة من جانبين أساسيين هما :

أولاً : السعة كأحد القرارات الإستراتيجية التى تتعلق باختيار حجم المصنع (أى مستوى السعة) الذى لا يمكن تغييره بسهولة فى المدى القصير . وفى هذه الحالة فإن السعة تكون دالة حجم المصنع ، الخطوط الإنتاجية ، نمط الإنتاج ، وعدد الآلات ؛ حيث إن قرارات مستوى السعة طويلة الأمد تتحول إلى أبنية وخطوط إنتاج ومعدات تتطلب استثمارات كبيرة غير قابلة للتعديل فى المدى القصير ؛ لهذا فإنها تمثل السعة الثابتة فى الشركة ، وهى تحدد الحد الأعلى للسعة الداخلية التى يمكن للشركة بجهودها الذاتية الإيفاء بالطلب .

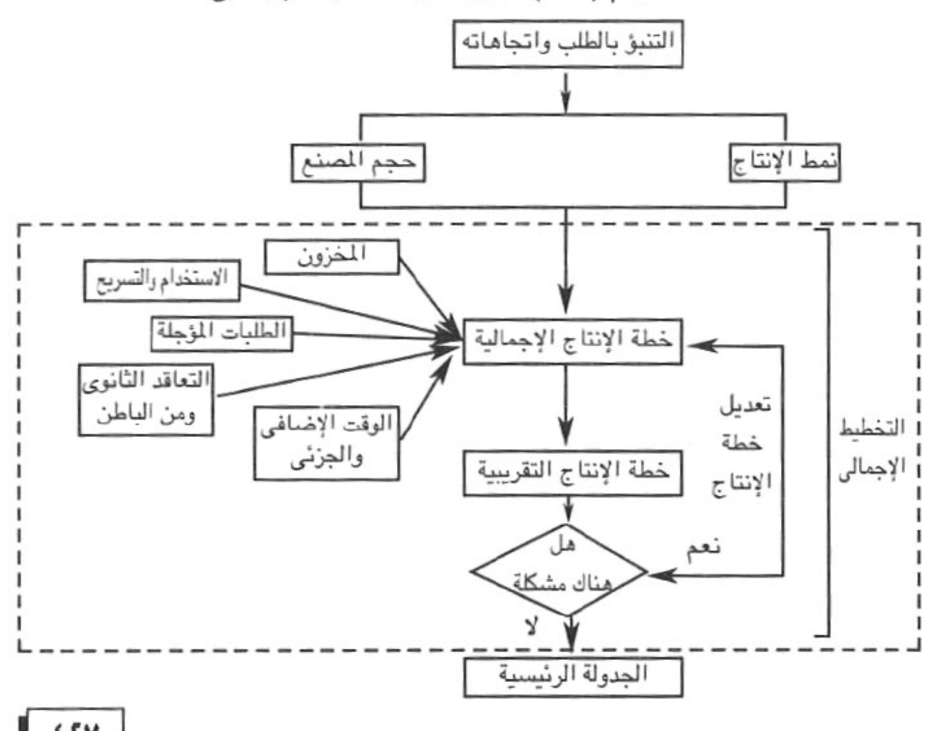
ثانياً : السعة كأحد القرارات التشغيلية التى تتعلق بمتغيرات القرار ، وهى الخيارات المستخدمة من قبل الشركة لمواجهة التذبذبات فى الطلب من فترة لأخرى فى المدى القصير . وتتمثل متغيرات القرار فى الآتى : وقت العمل المرن (الوقت الإضافى والجزئى) ، الاستخدام والتسريح ، المخزون ، التعاقد الثانوى ،

الطلبيات المؤجلة ، وهذا النوع من السعة يمثل السعة القابلة للتعديل فى المدى القصير ، والتى تستخدمها إدارة العمليات لتحقيق الملاءمة الحصيفة بين السعة المتاحة والطلب .

ولابد من التأكيد على أن التخطيط الإجمالى لا يواجه أية مشكلة إذا كان الطلب ثابتًا ومستقرًا فى السوق ؛ لأنه فى هذه الحالة يستلزم استخدام مستوى السعة أو الحجم الملائم لمستوى الطلب الثابت .

ولكن مع تغير الطلب العشوائى وتذبذبه من فترة لأخرى ؛ فإن التخطيط الإجمالى يصبح ذا أهمية كبيرة ، حيث يستخدم متغيرات القرار لمواجهة مثل هذا التذبذب فى الطلب . وإن الشكل رقم (٧-٢) يقدم رؤية كلية للتخطيط الإجمالى بالعلاقة مع السعة الثابتة (نمط الإنتاج وحجم المصنع) والسعة القابلة للتعديل (متغيرات القرار) .

الشكل رقم (٧-٢) : رؤية كلية للتخطيط الإجمالى



ومن الشكل رقم (٧-٢) نلاحظ أن التخطيط الإجمالى يتطلب خطوات متعاقبة هى :

أولاً : التنبؤ بالطلب لتحديد مستوى السعة المطلوب ونمط التغير فيه . وهذه الخطوة تشير إلى أن القرب من السوق ومن حاجات الزبون أصبح هو نقطة البدء فى إستراتيجية العمليات .

ثانيًا : ملاءمة السعة (العرض) مع الطلب من خلال خطة الإنتاج الإجمالية ، وعادة ما توضع بدائل للخطة على أساس مستويات الاستخدام للقوى العاملة ومتغيرات القرار الأخرى ، وهذه تعتبر من أهم الخطوات فى التخطيط الإجمالى .

ثالثًا : تخطيط الإنتاج التقريبى ، هو يمثل عملية تقييم مختلف الخطط والبدائل المقترحة لموازنة السعة مع الطلب .

رابعًا : الإقرار أو التعديل ؛ فإذا لم تكن هناك مشكلات تتعلق بملاءمة السعة / الطلب تقر خطة الإنتاج الإجمالية ، أما إذا كانت هناك مشكلات (أى عدم الملاءمة) تتم إعادة النظر فى الخطة المقترحة .

خامسًا : تحويل خطة الإنتاج الإجمالية إلى جدول الإنتاج الرئيسى ؛ فمن أجل أن تكون الخطة عملية وممكنة التطبيق فلابد من تحويلها إلى احتياجات محددة من المنتجات والمواد المكونة لها ، وهذا ما سنناقشه فى الفصل الثامن .

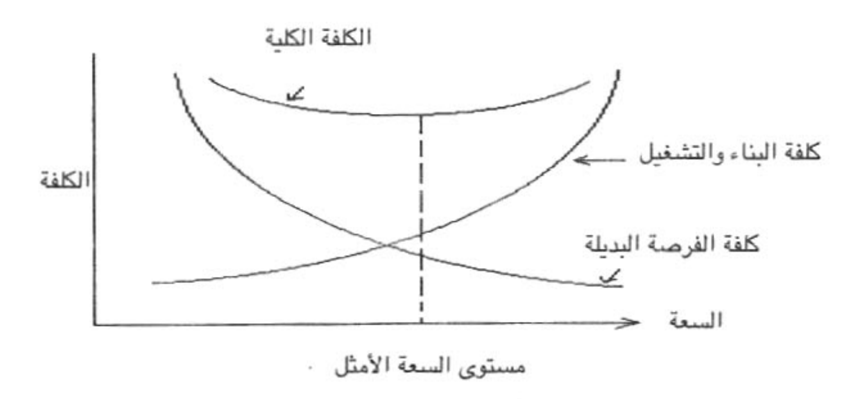
٧-٣- خطط تطوير السعة :

إن التغير فى الطلب يمكن أن يأخذ نمط الاتجاه أو نمط التذبذب العشوائى الذى لا يرشح اتجاهًا معينًا ، وإن نمط الاتجاه يطرح مشكلة تطوير السعة طويل الأمد ، فى حين أن نمط التذبذب العشوائى يطرح مشكلة ملاءمة السعة فى الأمد القصير مع الطلب .

فى خطة تطوير السعة طويلة الأمد ، فإن الشركة يجب أن تقوم بالمبادلة الاقتصادية بين كلفة السعة وكلفة الفرصة البديلة عند عدم امتلاك السعة الملائمة ، وإن كلفة السعة تتضمن الاستثمار الأولى فى المصنع (بناء السعة) والكلفة السنوية للتشغيل والمحافظة

على السعة (تشغيل السعة) ، وإن كلفة الفرصة البديلة (كلفة عدم كفاية السعة) تنشأ عن المبيعات الضائعة وانخفاض حصة الشركة فى السوق ، ومع أن الكلفة الأخيرة صعبة التكميم ، إلا أن بالإمكان تحديد مستوى السعة عند الحد الأدنى للكلفة الكلية لكلا الكلفتين وكما مبين فى الشكل رقم (٧-٣) الذى يوضح نموذج مبادلة السعة الكلفة وتحديد مستوى السعة الأمثل .

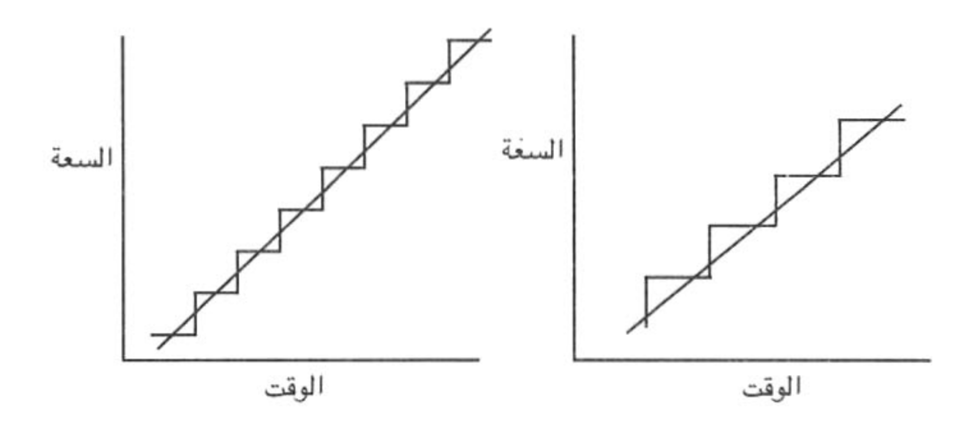
الشكل رقم (٧-٣) : نموذج مبادلة السعة / الكلفة



وفى خطة تطوير السعة طويلة الأمد ؛ فإن لدى الشركة الخيار فى القيام بزيادات صغيرة متكررة أو إضافات كبيرة أو وثبات إستراتيجية فى السعة (لقد سبقت الإشارة إلى هذين الأسلوبين فى ملحق الفصل الأول : إستراتيجية العمليات : المدخل اليابانى) ، وإن عملية الاختيار لابد أن تخضع للتحليل الاقتصادى للكلف والمخاطر ، وأن أسلوب الزيادات الصغيرة والمتكررة يتسم بانخفاض المخاطرة .

أما خطة تطوير السعة قصيرة الأمد ؛ فإنها تمثل المهمة الأساسية للتخطيط الإجمالى الذى يستخدم متغيرات القرار لتحقيق هذا التطوير من أجل ملاءمة السعة مع التذبذب فى الطلب والطلب الموسمى فى المدى القصير ، وهذا ما سيكون موضوع الفقرة التالية .

الشكل رقم (٧-٤) زيادة السعة : الوثبات والزيادات الصغيرة



٧ - ٤- ملاءمة السعة / الطلب :

إن ملاءمة السعة / الطلب فى المدى القصير يمثل العملية الأكثر أهمية فى التخطيط الإجمالى ، ومن الممكن تحقيق هذه الملاءمة من خلال نوعين من الخيارات هما :

أولاً - خيارات ملاءمة السعة للطلب :

هذه الخيارات تتمثل فى متغيرات القرار ويمكن تحديد أهمها كالآتى :

أ- استخدام وتسريح العمال : تم اللجوء إلى هذا الخيار فى الشركات كثيفة العمل ، إلا أن بعض الشركات تميل إلى استقرار القوى العاملة فيها ، خاصة عندما تكون مهارات العاملين نادرة ، كما أن نقابات العمال وبعض قوانين العمل تعارض وتقيد حجم الاستخدام والتسريح ؛ مما لا يشجع الشركات على اللجوء إلى هذا الخيار .

ب- الوقت الإضافى / الوقت الجزئى : إن الوقت الإضافى جذاب فى فترات الرواج وزيادة الطلب ، إلا أن كلفة الوقت الإضافى أكبر من الوقت النظامى ، كما أن نقابات العمال ترفض الوقت الإضافى لفترة طويلة ؛ مما يؤثر على استخدامه فى

الشركات . أما الوقت الجزئى (أسبوع العمل ما بين ١٥-٢٥ ساعة) فيكون جذاباً فى فترات الركود وانخفاض الطلب ، إلا أن هناك صعوبة فى إيجاد من يعمل بوقت جزئى بسبب قلة الأجور ، كما أن النقابات تعارض هذا النوع من العمل ؛ لأن أصحابه لا يكونون عمالاً نظاميين ، وبالتالى لا يكونون أعضاء فيها .

ج - **المخزون** : حيث يتم الخزن فى فترة الركود وانخفاض الطلب من أجل استخدامه (كسعة مضاعفة) فى فترة الرواج وارتفاع الطلب ، إلا أن هذا الخيار يتطلب تحمل كلفة الاحتفاظ (الخزن ، التأمين ، والتقادم والتلف) .

د - **التعاقد الثانوى أو من الباطن** : يمثل السعة الخارجية حيث يتم شراء المنتوج من الشركات المشابهة ، وعادة ما تكون كلفة شراء المتنوج عالية نسبيًا ؛ مما يستلزم المفاضلة واتخاذ قرار الصنع والشراء .

إن هذه الخيارات تمثل وسائل مهمة وشائعة الاستخدام لزيادة السعة فى المدى القصير ؛ مما يعطى مرونة أكبر فى الاستجابة للطلب مقارنة بخطط تطوير السعة طويلة الأمد .

ثانيا - خيارات ملاءمة الطلب للسعة :

هذه الخيارات تعمل على زيادة الطلب الآخذ بالانخفاض أو إيجاد طلب جديد فى فترات الركود من أجل ملاءمة الطلب للسعة ، وهذه الخيارات ترتبط بالسياسات التسويقية فى الشركة ، وتشمل ما يأتى :

أ - **التسعير** : حيث تلجأ الشركة إلى السعر العالى فى فترات ذروة الطلب والسعر المخفَّض (المشجع) فى فترات الركود لغرض ملاءمة الطلب مع السعة . ولابد من أن تكون هناك مرونة بالسعر من أجل استخدام هذا الخيار .

ب- **الترويج** : يشير (فيليب كوتلر P. Kotler) إلى أن الشركات أخذت توجد أقساماً للترويج من أجل زيادة الطلب ، وأن أدوات الترويج الأكثر شعبية هى القسائم ،

الأقساط ، مباريات الزبائن ، خصم الكمية ، السلع المجانية .. إلخ ، وهذه يمكن أن تحفز الزبائن على الطلب ليقترب من السعة المتاحة .

ج – **الطلبيات المؤجلة أو غير المنجزة** : هذا الخيار يقوم على تحويل الطلبيات إلى فترات أخرى ، ويعتمد النجاح فيه على رغبة الزبائن فى الانتظار لفترة أطول ، وعلى استعداد الإدارة على تحميل الجزاءات أو الكلف المترافقة مع الطلبات المؤجلة .

د – **الطلب الجديد** : العديد من الشركات تواجه مشكلة الطلب المنخفض فى فترات معينة مثل ذلك شركة النقل العام داخل المدن تواجه ذروة طلب عند بدء ونهاية الدوام فى العمل وقلة الطلب بينهما ؛ لذا تلجأ الشركة إلى خلق طلب جديد كتنظيم سفرات للمدارس ، خدمات النقل للنوادى فى فترات الركود ، فى حين أن الشركات الصناعية قد تدخل منتجات مكملة للمنتجات الرئيسية فى فترة الركود .

٧-٥- مداخل التخطيط الإجمالى :

إن خطة الإنتاج الإجمالية تتعامل مع المستوى الكلى للسعة والمخرجات المطلوب إنتاجها ، وهناك مدخلان للتخطيط الإجمالى هما :

أولاً - مدخل من أعلى إلى أسفل :

فى هذا المدخل يتم تطوير خطة إجمالية من خلال العمل على المستوى الأعلى – الإجمالى ؛ حيث تقوم إدارة العمليات بتحديد منتوج متوسط يستخدم كوحدة قياس لما هو مطلوب من السعة للمنتجات المختلفة التى تتضمنها خطة الإنتاج الإجمالية ؛ ليتم بعدئذ تجزئة الخطة عند النزول إلى الأسفل نحو المنتجات التفصيلية لتخصيص السعة لعائلة المنتوج أو للمنتجات المنفردة . والمثال (٧-١) يوضح كيفية استخدام المنتوج المتوسط .

المثال (٧-١) :

شركة تنتج أربعة أنواع من الدراجات فى أحد مصانعها هى : دراجة كبيرة وصغيرة ذات عجلتين ، ودراجة بثلاث عجلات كبيرة وصغيرة ، وكانت الشركة تستخدم وحدة قياس للمخرجات تمثل المنتوج المتوسط كالآتى :

الدراجة ذات العجلتين الكبيرة = (١) منتوج متوسط .

الدراجة ذات العجلتين الصغيرة = (٠,٧٥) منتوج متوسط .

الدراجة الكبيرة ذات ثلاث عجلات = (٠,٩٠) منتوج متوسط .

الدراجة الصغيرة ذات ثلاث عجلات = (٠,٦٠) منتوج متوسط .

وكانت تقديرات الطلب على منتجات الشركة فى السنة القادمة كالآتى :

الدراجة ذات العجلتين الكبيرة = ١٠٠٠٠ وحدة .

الدراجة ذات العجلتين الصغيرة = ٨٠٠٠ وحدة .

الدراجة الكبيرة ذات ثلاث عجلات =٨٠٠٠ وحدة .

الدراجة الصغيرة ذات ثلاث عجلات =٧٥٠٠ وحدة .

ما هو مستوى السعة المطلوب على أساس وحدة قياس المنتوج المتوسط ؟

الحل :

السعة المطلوبة = (١٠٠٠٠ x ١) + (٨٠٠٠ x ٠,٧٥) + (٨٠٠٠ x ٠,٩٠) + (٧٥٠٠ x ٠,٦٠) = ١٠٠٠٠ + ٦٠٠٠ + ٧٢٠٠ + ٤٥٠٠ = ٢٧٧٠٠ منتوج متوسط .

ثانيا : مدخل من أسفل إلى أعلى :

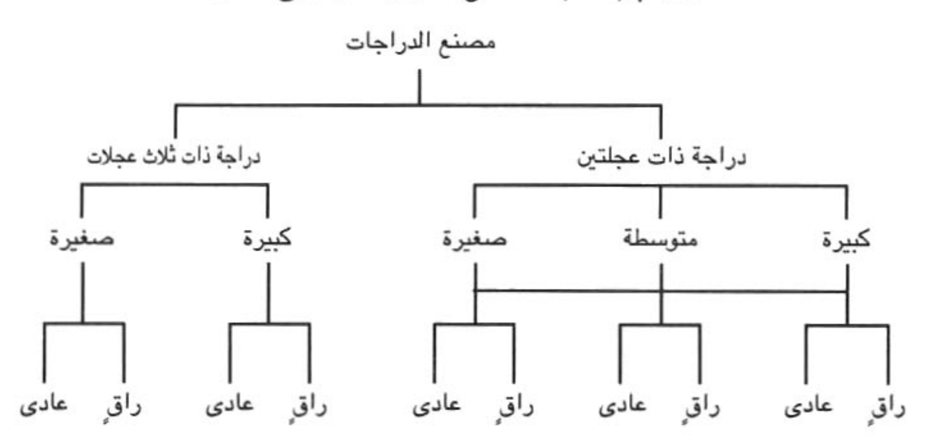
يتم فيه إعداد الخطط الفرعية للمنتجات الأساسية وعوائل المنتجات عند المستوى الأدنى فى خط الإنتاج ، وبعدئذ تجمع هذه الخطط الفرعية للتوصل إلى خطة إنتاج إجمالية تحدد المخرجات الكلية والسعة المطلوبة لإنتاجها . وهذا المدخل أكثر شيوعًا

واستخداماً ؛ لكونه أكثر واقعية ، ولأنه يقترب من السعة الفعلية لخطوط الإنتاج ومهارات العاملين ، كما أنه أكثر اقتصاداً بالكلفة لهذا تستخدمه أغلب الشركات .

ومن أجل توضيح كيفية استخدام هذين المدخلين فإن الشكل رقم (٧-٥) يظهر مصنع الدراجات الذى ينتج نوعين أساسين من الدراجات ، كل نوع يتضمن أنواعًا فرعية من الدراجات وصولاً إلى المستوى الأدنى . وفى المدخل الأول من أعلى إلى أسفل ؛ فإن التخطيط يتم على مستوى الدراجات ككل حيث يحدد حجم المخرجات الكلى من المنتوج المتوسط فى الخطة الإجمالية وبعدئذ تجزئ إلى النوعين الأساسيين والأنواع الفرعية بعد تخصيص نسبة من الحجم الكلى للمنتوج المتوسط لكل نوع منها .

أما فى المدخل الثانى ، فإن الخطط الفرعية توضع أولاً عند المستوى الأدنى ، أى الدراجات من النوع الراقى والعادى ، ومن ثم كبيرة ومتوسطة وصغيرة من النوع الأساسى الأول (الدراجة ذات العجلتين) ومثل ذلك للدراجة ذات الثلاث عجلات ، وترفع إلى الأعلى من أجل تجمع الخطط الفرعية لإعداد خطة الإنتاج الإجمالية .

الشكل رقم (٧-٥) : مصنع الدراجات وأنواع المنتجات



٧-٦- خطط تسوية التذبذب بالطلب :

كما أشرنا فإن التخطيط الإجمالى يكون ذا أهمية كبيرة فى ظروف التذبذب العشوائى بالطلب وكذلك فى الطلب الموسمى . وفى المفهوم التقليدى للتخطيط الإجمالى ؛ فإن الخيارات المستخدمة لمواجهة التذبذب فى الطلب كانت مقتصرة على استخدام وتسريح القوى العاملة وتغيير مستويات المخزون ، إلا أنه فى المفهوم الحديث فإن التخطيط الإجمالى يستخدم متغيرات أخرى : كالوقت الإضافى – الجزئى ، التعاقد الثانوى ، و الطلبيات المؤجلة .. إلخ ، ويوجد فى التخطيط الإجمالى نوعان من الخطط لاستخدام هذه المتغيرات وهما :

أولاً : الخطط المجردة

هى الخطط التى تركز على أحد متغيرات القرارات كنقطة بؤرية وحيدة لمواجهة التذبذبات فى الطلب ، كما هو الحال فى الاعتماد على الاستخدام و التسريح أو التعاقد الثانوى لتحقيق ذلك ، وهناك عدد من الخطط المجردة نشير إليها كالتالى :

أ – الاحتفاظ بقوة عمل متغيرة ، وهذا يمثل مدخل الاستخدام والتسريح .

ب – الاحتفاظ بمعدل مخرجات ثابت ، وفى هذه الخطة يتم الاستعانة بالتعاقد الثانوى للإيفاء بالطلبيات أو اللجوء إلى الطلبيات المؤجلة .

ج – ملائمة الطلب فترة لفترة : هذه تدعى خطة التعقّب ؛ حيث يكون فيها حجم المخرجات المخطط مساوياً للطلب المتوقع فى كل فترة من فترات الخطة .

ثانياً : الخطط المركبة أو المزيجة

هى الخطط التى تستخدم اثنين أو أكثر من المتغيرات فى نفس الوقت كما هو الحال فى استخدام تغيير القوى العاملة والتعاقد الثانوى ، أو الطلبيات المؤجلة واستخدام الوقت الإضافى .. إلخ ، وهذا النوع من الخطط هو الأكثر استخداماً فى التخطيط الإجمالى .

إن الخطط المختلفة (المجردة والمزيجة) يتم تقييمها فى التخطيط الإجمالى على أساس الكلفة ؛ من أجل التوصل والاختيار للخطة الأفضل التى تحقق أدنى كلفة ، كما يراعى فى هذه المجال أهداف الشركة وإستراتيجيتها ؛ فإذا كانت إستراتيجية الشركة تقوم على الاقتراب من الاستغلال الكامل للطاقة ؛ لأن الاستغلال الناقص مكلف ؛ فإن خطة الإنتاج الإجمالى تلجأ إلى استخدام الوقت الإضافى والمخزون ، أما إذا كان من أهداف الشركة استقرار القوى العاملة ، كما هو الحال فى الشركات التى تواجه نقصاناً فى مهارات العمل النادرة ؛ فإن الخطة لا تلجأ إلى الاستخدام والتسريح ، وإنما تلجأ إلى الاحتفاظ بقوة العمل الثابتة واستخدام البدائل الأخرى ، وكذلك الحال إذا كانت الشركة تعمل من أجل تحسين خدمة الزبائن ؛ فإنها لا تلجأ إلى الطلبيات المؤجلة ، وتستعيض عن ذلك بالمتغيرات الأخرى مثل التعاقد الخارجى للحصول على طاقة خارجية إضافية للإيفاء بالطلبيات التى لا تستطيع الإيفاء بها بطاقتها الذاتية .

٧-٧- الطرق المستخدمة فى التخطيط الإجمالى :

هناك طرق عديدة يمكن استخدامها فى التخطيط الإجمالى من أجل ملاءمة الطاقة (المخرجات) مع الطلب ، ويمكن تحديد هذه الطرق كالتالى :

أولاً : الطريقة البيانية :

هى طريقة بسيطة وسهلة فى الإعداد وتحقق مزية الأشكال البيانية فى الوصف البصرى للطلب المتوقع والإنتاج خلال فترة الخطة ؛ مما يوفر أساساً جيداً لتطوير الخطط البديلة واختيار الخطة البديلة الأفضل وفق أهداف الشركة . وفى هذه الطريقة توجد أشكال بيانية عديدة منها الأشكال التى تمثل الطلب والإنتاج (كمتوسط) وفى كل فترة لغرض المقارنة ، والأشكال البيانية التراكمية للطلب والإنتاج ، والواقع أن هذه الأشكال مهمة لفهم مشكلة التخطيط الإجمالى وعملية الملاءمة بين الطلب والإنتاج .

والمثال (٧-٢) يوضح هذه الطريقة .

مثـــال (٧-٢) :

شركة المستقبل لإنتاج المضخات تخطط لثمانى فترات قادمة ، وبعد دراسة الفترة الماضية وحالة السوق وضعت التنبؤ الآتى بالطلب فى هذه الفترات ، كما حددت أيام العمل فى كل فترة كما فى الجدول .

الفترات	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	المجموع
الطلب (وحدة)	١٣٢٠	١٥٦٠	١٩٨٠	١٧٢٠	٢٩٠٠	٣٩٠٠	٢٩٨٠	١٢٤٠	١٧٦٠٠
عدد أيام العمل	٤٠	٤٠	٣٨	٤٤	٤٠	٤٥	٣٨	٣٥	٣٢٠

المطلوب :

١- إعداد مخطط الطلب المتوقع والإنتاج (على أساس متوسط الإنتاج / فترة) .

٢- ارسم الشكل البيانى للطلب والإنتاج المتراكم (على أساس متوسط الإنتاج / فترة) .

٣- استخدم المخزون لتسوية التذبذب فى الطلب فى الفترات ، وأن الشركة لا تستخدم مخزون أمان فى بداية الفترات ونهايتها .

٤- حدد مقدار مخزون الأمان الذى يجب أن تحتفظ به الشركة لتجنب نفاذ المخزون ، وهل من الأفضل الاحتفاظ بمخزون الأمان أو قبول نفاذ المخزون إذا كانت كلفة الاحتفاظ بالوحدة من المخزون (١) دينار وكلفة نفاذ المخزون (٢٠) دينار / وحدة / فترة (أى أن الشركة تتحمل الجزاء ، أو كلفة الفرصة البديلة الضائعة من الطلبيات المؤجلة أو غير المنجزة التى قد تذهب للمنافسين) .

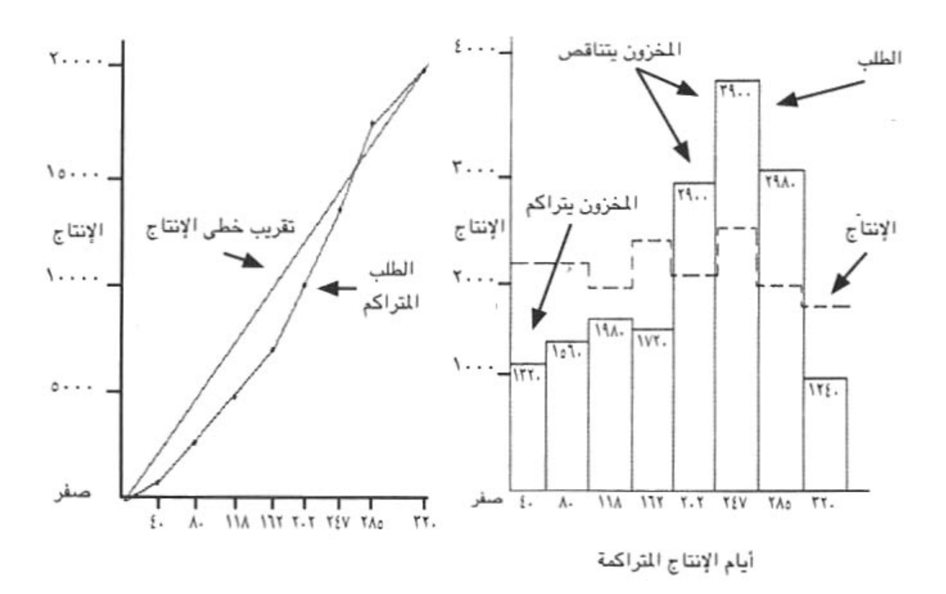
الحـــل : احتساب متوسط الإنتاج / اليوم

$$\text{متوسط الإنتاج / اليوم} = \frac{١٧٦٠٠}{٣٢٠} = ٥٥ \text{ وحدة .}$$

احتساب الطلب والإنتاج والطلب والإنتاج التراكمى كما فى الجدول الآتى :

الفترات	الطلب (وحدة)	عدد أيام الإنتاج	الإنتاج وحدة / فترة	الطلب المتراكم	الإنتاج المتراكم
١	١٣٢٠	٤٠	٢٢٠٠	١٣٢٠	٢٢٠٠
٢	١٥٦٠	٤٠	٢٢٠٠	٢٨٨٠	٤٤٠٠
٣	١٩٨٠	٣٨	٢٠٩٠	٤٨٦٠	٦٤٩٠
٤	١٧٢٠	٤٤	٢٤٢٠	٦٥٦٠	٨٩١٠
٥	٢٩٠٠	٤٠	٢٢٠٠	٩٤٨٠	١١١١٠
٦	٣٩٠٠	٤٥	٢٤٧٥	١٣٣٨٠	١٣٥٨٥
٧	٢٩٨٠	٣٨	٢٠٩٠	١٦٣٦٠	١٥٦٧٥
٨	١٢٤٠	٣٥	١٩٢٥	١٧٦٠٠	١٧٦٧٥

١- التمثيل البيانى للطلب والإنتاج فى الفترات . ٢- التمثيل البيانى للطلب والإنتاج المتراكمين .



إذا كان الإنتاج فى فترة › الطلب فى الفترة = المخزون يتراكم .

الإنتاج فى الفترة ‹ الطلب فى الفترة = المخزون يتناقص .

٣- احتساب المخزون فى نهاية كل فترة كفرق متراكم بين الإنتاج والطلب ، ومتوسط المخزون وكلفة الاحتفاظ بالمخزون حيث إن :

$$\text{متوسط المخزون فى الفترة} = \frac{\text{المخزون فى بداية الفترة + المخزون فى نهاية الفترة}}{٢}$$

كلفة الاحتفاظ فى فترة = كلفة الاحتفاظ / الوحدة / فترة x متوسط المخزون

الفترات	الطلب	الإنتاج وحدة / فترة	التغير فى المخرون الأعمدة (٢-١)	مخزون نهاية الفترة	متوسط المخزون	كلفة الاحتفاظ بالمخزون (دينار)
	١	٢	٣	٤	٥	٦
١	١٣٢٠	٢٢٠٠	٨٨٠	٨٨٠	٤٤٠	٤٤٠
٢	١٥٦٠	٢٢٠٠	٦٤٠	١٥٢٠	١٢٠٠	١٢٠٠
٣	١٩٨٠	٢٠٩٠	١١٠	١٦٣٠	١٥٧٥	١٥٧٥
٤	١٧٢٠	٢٤٢٠	٧٠٠	٢٣٣٠	١٩٨٠	١٩٨٠
٥	٢٩٠٠	٢٢٠٠	(٧٠٠)	١٦٣٠	١٩٨٠	١٩٨٠
٦	٣٩٠٠	٢٤٧٥	(١٤٢٥)	٢٠٥	٩١٧,٥	٩١٧,٥
٧	٢٩٨٠	٢٠٩٠	(٨٩٠)	(٦٨٥)	١٠٢,٥	١٠٢,٥
٨	١٢٤٠	١٩٢٥	٦٨٥	١٢٤٠	٦٢٠	٦٢٠
المجموع						٨٨١٠

$$\text{متوسط المخزون فى الفترة (١)} = \frac{\text{صفر} + ٨٨٠}{٢} = ٤٤٠ \text{ وحدة .}$$

$$\text{متوسط المخزون فى الفترة (٢)} = \frac{١٥٢٠ + ٨٨٠}{٢} = ١٢٠٠ \text{ وحدة .}$$

٤- يلاحظ من الجدول السابق أن المخزون يتراكم خلال الفترات (٧-٦) وبعدها يأخذ بالنفاد فى الفترة السابعة فقط بمقدار (٦٨٥) وحدة ، وأن كلفة نفاد المخزون هى (١٣٧٠٠) دينار (٦٨٥ x ٢٠) .

وأن كلفة الاحتفاظ بالمخزون مع نفاد المخزون = ١٣٧٠٠ + ٨٨١٠ = ٢٢٥١٠ دنانير .

ومن أجل تجنب نفاد المخزون يتم اللجوء إلى استخدام مخزون الأمان ، ويتحدد مقدار مخزون الأمان فى مثل هذه الحالة بأكبر نقص يظهر فى عمود مخزون نهاية الفترة وفى المثال (٦٨٥) وحدة . ومن الممكن احتساب كلفة الاحتفاظ بمخزون الأمان ؛ لتجنب نفاد المخزون كما فى الجدول أدناه .

الفترات	الطلب (وحدة)	الإنتاج وحدة / فترة	مخزون بداية الفترة مع مخزون أمان (٦٨٥)	مخزون نهاية الفترة	متوسط المخزون	كلفة الاحتفاظ بالمخزون (دينار)
١	١٣٢٠	٢٢٠٠	٦٨٥	١٥٦٥	١١٢٥	١١٢٥
٢	١٥٦٠	٢٢٠٠	١٥٦٥	٢٢٠٥	١٨٨٥	١٨٨٥
٣	١٩٨٠	٢٠٩٠	٢٢٠٥	٢٣١٥	٢٢٦٠	٢٢٦٠
٤	١٧٢٠	٢٤٢٠	٢٣١٥	٣٠١٥	٢٦٦٥	٢٦٦٥
٥	٢٩٠٠	٢٢٠٠	٣٠١٥	٢٣١٥	٢٦٦٥	٢٦٦٥
٦	٣٩٠٠	٢٤٧٥	٢٣١٥	٨٩٠	١٦٠٢,٥	١٦٠٢,٥
٧	٢٩٨٠	٢٠٩٠	٨٩٠	-	٤٤٥	٤٤٥
٨	١٢٤٠	١٩٢٥	-	٦٨٥	٣٤٢,٥	٣٤٢,٥
المجموع						١٢٩٩٠

مخزون البداية فى الفترة (١) = مخزون الأمان = ٦٨٥

مخزون النهاية فى الفترة (١) = (مخزون البداية فى الفترة ١ + إنتاج الفترة ١) - الطلب فى الفترة (١) = (٦٨٥ + ٢٢٠٠) - ١٣٢٠ = ١٥٦٥

من مقارنة كلف استخدام مخزون الأمان بمقدار (٦٨٥) وحدة لتجنب نفاد المخزون ؛ فإن كلفة الاحتفاظ تكون (١٢٩٩٠) وهى أقل من كلفة البديل الآخر (عدم استخدام مخزون الأمان وتحمل كلفة النفاد) فهو إذن البديل الأفضل .

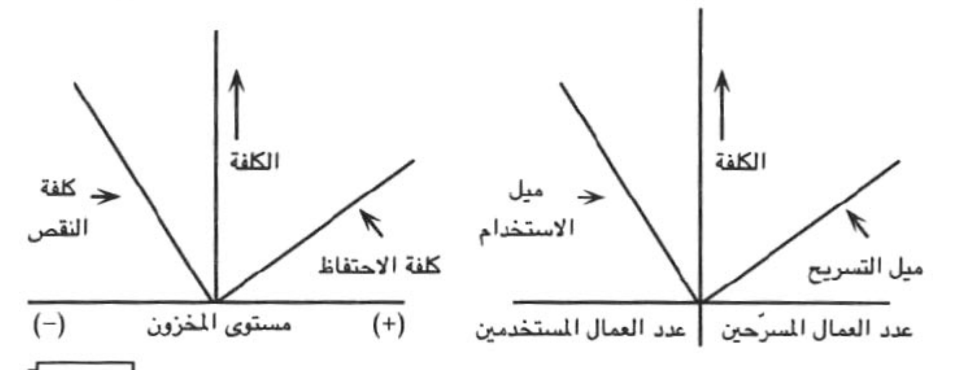
ثانيا : الطريقة التجريبية

هى من أكثر الطرق استخدامًا فى التخطيط الإجمالى ، وتقوم على استخدام متغيرات القرار كخيارات متاحة لمدير العمليات لإعداد الخطط البديلة للإيفاء بالطلب ، واحتساب كلف هذه الخطط ، ومن ثم اختيار الخطة الأفضل التى تحقق أدنى كلفة .

ومن الضرورى الإشارة إلى أن التخطيط الإجمالى يستخدم المبادلات ما بين كلف المتغيرات التى تستخدم فى إعداد الخطط البديلة ، وأهم هذه الكلف هى :

(أ) كلف التهدئة : تشير إلى تلك الكلف التى تظهر نتيجة لتغيير مستويات الإنتاج من فترة لأخرى ؛ ففى التخطيط الإجمالى يمكن أن تمثل كلفة التهدئة كلفة تغير حجم قوى العمل عند الزيادة فى الطلب (فيكون الاستخدام) ، وعند انخفاض الطلب (يكون التسريح) مع كلف أخرى ترتبط بذلك كانخفاض الروح المعنوية مع التسريح واحتمال انخفاض حجم قوة العمل فى المستقبل ؛ لأن العمال المسرّحين يفضلون العمل فى شركات أخرى ؛ لهذا فإن كلف زيادة أو خفض قوة العمل تكون دالات خطية بالعلاقة مع عدد العمال المستخدمين و المسرّحين ، مع ملاحظة أن كلفة الاستخدام يمثلها خط ذو ميل أكبر إلى الأعلى من ميل كلفة التسريح والشكل رقم (٧-٦- أ) يوضح ذلك .

الشكل رقم (٧-٦) : كلف تغير قوة العمل والمخزون



(ب) كلف الاحتفاظ : تظهر نتيجة الاحتفاظ بالمخزون ، وتكون ذات علاقة خطية مع حجم المخزون .

(ج) كلف النقص أو كلف النفاد : ففى حالات معينة يكون مقبولاً ظهور كلفة النقص أو النفاد التى تمثل المستوى السالب للمخزون (حالة تجاوز الطلب للسعة فى المصنع) . إن التخطيط الإجمالى يفترض عموماً أن الطلب الزائد لا ينحرف فى نفس فترة الطلب ، ويلبى فى الفترة القادمة ، وفى حالة المنافسة يكون من المحتمل أن تتحول الطلبية المؤجلة إلى مبيعات ضائعة ، والشكل رقم (٧-٦- ب) يوضح أن كلفة الاحتفاظ تكون ذات علاقة خطية مع حجم المخزون ، وأن كلفة النقص أو النفاد تكون أيضاً ذات علاقة خطية مع الطلبيات المؤجلة أو غير المنجزة .

إن هذه الكلف توضح أن التخطيط الإجمالى لابد أن يقارب ما بين الخطط البديلة لاختيار الخطة ذات الكلفة الأدنى والمثال (٧-٣) يوضح هذه المقارنة .

مثـــال (٧-٣) :

يقوم مدير العمليات فى أحد المصانع بإعداد خطة إجمالية للإيفاء بالطلب المتوقع فى الفترات الثمانى القادمة :

الفترات	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	المجموع
الطلب (وحدة)	١٢٠	١٤٠	١٩٠	٢٥٠	٣٠٠	١٠٠	٣٢٠	١٨٠	١٦٠٠

وقد توفرت عن المصنع البيانات الآتية :

كلفة الوقت النظامى = ٥ دينار / وحدة .

كلفة الوقت الإضافى = ٧ دينار / وحدة .

كلفة التعاقد الثانوى = ٩ دينار / وحدة .

كلفة الطلبيات غير المنجزة = ١٠ دينار / وحدة .

كلفة الاحتفاظ بالمخزون = ٢ دينار / وحدة / فترة .

وكان معدل المخرجات فى الوقت النظامى ثابتًا ومقداره (١٥٠) وحدة فى الفترة ، كما أن المصنع لا يحتفظ بالمخزون فى بداية الفترة الأولى ونهاية الفترة الثامنة ، وفى حين يستخدم المخزون لمواجهة التذبذب فى الطلب خلال الفترات .

المطلوب : إعداد خطط الإنتاج الإجمالية الآتية :

١- استخدام أسلوب الاستخدام والتسريح إذا كانت كلفة الاستخدام (١٠) دينار / وحدة وكلفة التسريح (٦) دينار وحدة .

٢- استخدام التعاقد الثانوى من أجل الإيفاء بالطلب فى الفترات .

٣- استخدام الطلبيات غير المنجزة بأية كمية .

٤- استخدام الوقت الإضافى إذا كان المسموح منه (١٠٠) وحدة والطبيات غير المنجزة مسموحة بأية كمية .

٥- استخدام جميع العوامل السابقة فى إعداد الخطة الإجمالية ، مع إجراء المقارنة بالكلف بين الخطط .

الخطة المجردة (١) / الاستخدام والتسريح

الفترات	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	المجموع
الطلب (وحدة)	١٢٠	١٤٠	١٩٠	٢٥٠	٣٠٠	١٠٠	٣٢٠	١٨٠	١٦٠٠
- المخرجات									
الوقت النظامى	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٢٠٠
الاستخدام	–	–	–	١٠٠	١٥٠	–	١٢٠	٣٠	٤٠٠
التسريح	–	–	–	–	–	١٥٠	–	٩٠	٢٤٠
المخزون									
البداية	–	٣٠	٤٠	–	–	–	٥٠	–	١٢٠
النهاية	٣٠	٤٠	–	–	–	٥٠	–	–	١٢٠
المتوسط	١٥	٣٥	٢٠	–	–	٢٥	٢٥	–	١٢٠
- الكلفة									
الوقت النظامى	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٦٠٠٠
الاستخدام	–	–	–	١٠٠٠	١٥٠٠	–	١٢٠٠	٣٠٠	٤٠٠٠
التسريح	–	–	–	–	–	٩٠٠	–	٥٤٠	١٤٤٠
المخزون	٣٠	٧٠	٤٠	–	–	٥٠	٥٠	–	٢٤٠
المجموع	٧٨٠	٨٢٠	٧٩٠	١٧٥٠	٢٢٥٠	١٧٠٠	٢٠٠٠	١٥٩٠	١١٦٨٠

يلاحظ من الخطة المجردة الأولى : خطة الاستخدام والتسريح ما يلي :

١ - أن مخرجات الوقت النظامي كانت ثابتة ومقدارها (١٥٠) وحدة . ولأن الشركة لا تحتفظ بمخزون البداية في الفترة الأولى ؛ لهذا لا يظهر المخزون في بداية تلك الفترة ، ولأن الطلب في الفترة الأولى هو (١٢٠) وحدة ، أي أنه أقل من مخرجات الوقت النظامي ؛ لهذا لا توجد حاجة إلى استخدام عمال جدد ، وبالتالي لا حاجة إلى تسريحهم . أما مخزون النهاية في الفترة الأولى ؛ فيتم حسابه وفق المعادلة الآتية :

مخزون النهاية = (مخرجات الوقت النظامي في الفترة الأولى+ مخزون البداية) - الطلب في الفترة الأولى = (١٥٠+ صفر) - ١٢٠ = ٣٠ وحدة

$$\text{متوسط المخزون} = \frac{\text{مخزون بداية الفترة + مخزون نهاية الفترة}}{٢} = \frac{٣٠}{٢} = ١٥$$

٢ - في الفترة الثانية مخرجات الوقت النظامي (١٥٠) . مخزون بداية الفترة الثانية هو نفسه مخزون نهاية الفترة الأولى ويساوي (٣٠) ، وحيث إن حجم المخرجات مع مخزون بداية الفترة الثانية (١٥٠+٣٠ =١٨٠وحدة) هو أكبر من الطلب في الفترة الثانية (١٤٠) وحدة ؛ لهذا لا توجد هناك حاجة إلى الاستخدام و بالتالي إلى التسريح ، و يكون مخزون النهاية الفترة الثانية :

مخزون نهاية الفترة الثانية = (١٥٠ + ٣٠) -١٤٠ = ٤٠ وحدة .

$$\text{متوسط المخزون} = \frac{٣٠ + ٤٠}{٢} = ٣٥$$

٣ - في الفترة الثالثة مخرجات الوقت النظامي (١٥٠) وحدة . مخزون بداية الفترة الثالثة هو نفسه مخزون نهاية الفترة الثانية ويساوي (٤٠) وحدة ، وحيث إن مخرجات الوقت النظامي و مخزون بداية الفترة الثالثة (١٥٠+ ٤٠ = ١٩٠ وحدة) مساوٍ للطلب في الفترة الثالث ؛ لهذا لا توجد حاجة إلى الاستخدام و بالتالي إلى التسريح .

مخزون نهاية الفترة الثالثة = (١٥٠ + ٤٠) - ١٩٠ = صفر

٤ - فى الفترة الرابعة مخرجات الوقت النظامى (١٥٠) وحدة . ولا يوجد مخزون بداية الفترة . والطلب فى الفترة الرابعة (٢٥٠) وحدة ، ولأن الطلب أكبر من الإنتاج أو من مخرجات الوقت النظامى ؛ لهذا يتم اللجوء إلى الاستخدام بمقدار الفرق بين الاثنين ، حيث :

الاستخدام (وحدة) = الطلب - الإنتاج (مخرجات الوقت النظامى)

= ٢٥٠ - ١٥٠ = ١٠٠ وحدة .

٥ - فى الفترة الخامسة مخرجات الوقت النظامى (١٥٠) وحدة أكبر من الطلب (١٠٠) وحدة ؛ لهذا لا توجد حاجة إلى استمرار الاستخدام بمقدار (١٠٠) وحدة ؛ لهذا تحول إلى التسريح . ولا يوجد مخزون بداية الفترة ، ويكون مخزون نهاية الفترة هو (٥٠) وحدة . ومن ثم يتكرر هذا المنطق فى إعداد الخطط الأخرى .

٦ - فيما يتعلق بالكلفة فيتم احتساب كلفة كل عامل من العوامل المستخدمة بضرب تكلفة الوحدة بعدد الوحدات التى ظهرت فى المخرجات وهى كالآتى :

كلفة مخرجات الوقت النظامى فى الفترة =١٥٠ x ٥ = ٧٥٠ ديناراً .

كلفة الاستخدام فى الفترة الرابعة =١٠٠ x ١٠ =١٠٠٠ دينار .

مجموع كلفة الاستخدام فى جميع الفترات = ٤٠٠ x ١٠ = ٤٠٠٠ دينار .

كلفة التسريح فى الفترة السادسة = ١٠٠x ٦ = ٦٠٠ دينار .

مجموع كلفة التسريح فى جميع الفترات = ٢٤٠ x ٦ = ١٤٤٠ ديناراً .

كلفة الاحتفاظ بالمخزون للفترة الأولى = ١٥ x ٢ = ٣٠ ديناراً .

مجموع كلفة الاحتفاظ بالمخزون فى جميع الفترات = ١٢٠ x ٢ = ٢٤٠ ديناراً .

الكلفة الكلية للخطة المجردة رقم (١) = ١١٦٨٠ ديناراً .

الخطة المجردة (٢) / التعاقد الثانوى

الفترة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	المجموع
الطلب	١٢٠	١٤٠	١٩٠	٢٥٠	٣٠٠	١٠٠	٣٢٠	١٨٠	١٦٠٠
– المخرجات									
الوقت النظامى	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٢٠٠
التعاقد الثانوى	–	–	–	١٠٠	١٥٠	–	١٢٠	٣٠	٤٠٠
– المخزون									
البداية	–	٣٠	٤٠	–	–	–	٥٠	–	١٢٠
النهاية	٣٠	٤٠	–	–	–	٥٠	–	–	١٢٠
المتوسط	١٥	٣٥	٢٠	–	–	٢٥	٢٥	–	١٢٠
– الكلفة									
الوقت النظامى	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٦٠٠٠
التعاقد الثانوى	–	–	–	٩٠٠	١٣٥٠	–	١٠٨٠	٢٧٠	٣٦٠٠٠
المخزون	٣٠	٧٠	٤٠	–	–	٥٠	٥٠	–	٢٤٠
المجموع	٧٨٠	٨٢٠	٧٩٠	١٦٥٠	٢١٠٠	٨٠٠	١٨٨٠	١٠٢٠	٩٨٤٠

الخطة المجردة (٣) / الطلبيات غير المنجزة

الفترة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	المجموع
الطلب	١٢٠	١٤٠	١٩٠	٢٥٠	٣٠٠	١٠٠	٣٢٠	١٧٠	١٦٠٠
– المخرجات									
الوقت النظامى	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٢٠٠
الطلبيات غير المنجزة	–	–	–	١٠٠	٢٥٠	٢٠٠	٣٧٠	٤٠٠	١٣٢٠
– المخزون									
البداية	–	٣٠	٤٠	–	–	–	–	–	٧٠
النهاية	٣٠	٤٠	–	–	–	–	–	–	٧٠
المتوسط	١٥	٣٥	٢٠	–	–	–	–	–	٧٠
– الكلفة									
الوقت النظامى	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٦٠٠٠
الطلبيات غير المنجزة	–	–	–	١٠٠٠	٢٥٠٠	٢٠٠٠	٣٧٠٠	٤٠٠٠	١٣٢٠٠
المخزون	٣٠	٧٠	٤٠	–	–	–	–	–	١٤٠
المجموع	٧٨٠	٨٢٠	٧٩٠	١٧٥٠	٣٢٥٠	٢٧٥٠	٤٤٥٠	٤٧٥٠	١٩٣٤٠

الخطة المزيجة (٤) / الوقت الإضافى والطلبيات غير المنجزة

الفترة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	المجموع
الطلب	١٢٠	١٤٠	١٩٠	٢٥٠	٣٠٠	١٠٠	٣٢٠	١٧٠	١٦٠٠
– المخرجات									
الوقت النظامى	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٢٠٠
الوقت الإضافى	–	–	–	١٠٠	١٠٠	–	١٠٠	١٠٠	٤٠٠
الطلبيات غير المنجزة	–	–	–	–	٥٠	–	٧٠	–	١٢٠
– المخزون									
البداية	–	٣٠	٤٠	–	–	–	–	–	٧٠
النهاية	٣٠	٤٠	–	–	–	–	–	–	٧٠
المتوسط	١٥	٣٥	٢٠	–	–	–	–	–	٧٠
– الكلفة									
الوقت النظامى	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٦٠٠٠
الوقت الإضافى	–	–	–	٧٠٠	٧٠٠	–	٧٠٠	٧٠٠	٢٨٠٠
الطلبيات غير المنجزة	–	–	–	–	٥٠٠	–	٧٠٠	–	١٢٠٠
المخزون	٣٠	٧٠	٤٠	–	–	–	–	–	١٤٠
المجموع	٧٨٠	٨٢٠	٧٩٠	١٧٥٠	١٩٥٠	٧٥٠	٢١٥٠	١٤٥٠	١٠١٤٠

يلاحظ من الخطة المزيجة (٤) :

١ – أن الطلب كان (١٢٠) وحدة ، فى حين أن الإنتاج كان (١٥٠) وحدة ؛ مما يعنى أن الإنتاج فى الوقت النظامى أكبر من الطلب ؛ لهذا فليس هناك حاجة لاستخدام الوقت الإضافى ؛ ولأن المصنع لا يحتفظ بالمخزون فى بداية الفترة الأولى ؛ لهذا لا يظهر مخزون البداية فى الفترة الأولى ، وإنما يظهر مخزون نهاية الفترة الأولى بمقدار الفرق بين الإنتاج (١٥٠) والطلب (١٢٠) أى (٣٠) وحدة . ويكون متوسط المخزون فى هذه الفترة هو (مخزون البداية + مخزون النهاية \ ٢) ، أى (صفر +٣٠ \ ٢ = ١٥) .

٢ – إن مخزون النهاية فى الفترة الأولى يصبح مخزون البداية فى الفترة الثانية ، ولأن الإنتاج فى الوقت النظامى فى هذه الفترة أكبر من الطلب أيضًا ؛ فلا حاجة

لاستخدام الوقت الإضافى . وحيث إن الإنتاج (١٥٠) والطلب (١٤٠) ؛ فإن مخزون النهاية فى الفترة الثانية يزداد بمقدار الفرق بين الإنتاج والطلب فيصبح (٤٠) .

٣ – فى الفترة الثالثة يكون لدى المصنع مخزون البداية بمقدار (٤٠) وحدة ، ولأن الطلب (١٩٠) هو أكبر من الإنتاج فى الوقت النظامى (١٥٠) وحدة ؛ لهذا يستخدم مخزون البداية بمقدار الفرق بين الطلب والإنتاج أى (٤٠) وحدة ؛ مما يستنفد كل المخزون ؛ لهذا يكون مخزون النهاية (صفر) فى هذه الفترة .

٤ – أما فى الفترة الرابعة فلا يكون هناك مخزون بداية ، ولأن الطلب (٢٥٠) أكبر من الإنتاج فى الوقت النظامى (١٥٠) ؛ لهذا يتم اللجوء إلى الوقت الإضافى بمقدار الفرق (١٠٠) وحدة ، وهكذا فى بقية الفترات .

الخطة المزيجة (٥) / استخدام العوامل المختلفة

الفترة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	المجموع
الطلب	١٢٠	١٤٠	١٩٠	٢٥٠	٣٠٠	١٠٠	٣٢٠	١٨٠	١٦٠٠
– المخرجات									
الوقت النظامى	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٢٠٠
الوقت الإضافى	–	–	–	١٠٠	١٠٠	–	١٠٠	٣٠	٣٣٠
التعاقد الثانوى	–	–	–	–	٥٠	–	٢٠	–	٧٠
الاستخدام	–	–	–	–	–	–	–	–	–
التسريح	–	–	–	–	–	–	–	–	–
الطلبيات غير المنجزة	–	–	–	–	–	–	–	–	–
– المخزون									
البداية	–	٣٠	٤٠	–	–	–	٥٠	–	١٢٠
النهاية	٣٠	٤٠	–	–	–	٥٠	–	–	١٢٠
المتوسط	١٥	٣٥	٢٠	–	–	٢٥	٢٥	–	١٢٠
– الكلفة									
الوقت النظامى	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠	٦٠٠٠
الوقت الإضافى	–	–	–	٧٠٠	٧٠٠	–	٧٠٠	٣٥٠	٢٤٥٠
التعاقد الثانوى	–	–	–	–	٤٥٠	–	١٨٠	–	٦٣٠
المخزون	٣٠	٧٠	٤٠	–	–	٥٠	٥٠	–	٢٤٠
المجموع	٧٨٠	٨٢٠	٧٩٠	١٤٥٠	١٩٠٠	٨٠٠	١٦٨٠	١١٠٠	٩٣٢٠

يلاحظ من دراسة الخطة (٤) والخطة (٥) ما يأتى :

١- أن الخطة (٤) استخدمت الوقت الإضافى بمقدار (٤٠٠) وحدة فى أربع فترات ، والطلبيات غير المنجزة بمقدار (١٢٠) وحدة فى فترتين ، فى الفترة الخامسة (٥٠) وحدة والفترة السابعة (٧٠) وحدة . ولأن الطلبيات غير المنجزة هى طلبيات مؤجلة من فترة إلى فترة لاحقة ؛ فقد أثرت الطلبيات غير المنجزة بمقدار (٥٠) وحدة فى الفترة الخامسة على زيادة طلب الفترة السادسة ؛ مما امتص جميع الإنتاج فى الوقت النظامى ، بينما فى الخطة (٥) فإن استخدام التعاقد الثانوى فى الفترة الخامسة بمقدار (٥٠) وحدة فى الفترة السادسة ؛ أدى فى الفترة السابعة إلى خفض التعاقد الثانوى إلى (٢٠) وحدة .

٢- إن هذه المتغيرات أدت إلى خفض الكلفة ؛ مما جعل الخطة (٥) هى الأدنى فى الكلفة .

٣- يلاحظ من الخطة (٥) أن هناك خططًا بديلة أخرى يمكن أن تحقق كلفة أدنى من الخطط الأربع الأولى ، إلا أنها تظل ذات كلفة أعلى من الخطة (٥) . والجدول أدناه يلخص نتائج هذه الخطط :

	الخطط				
	(١) الاستخدام والتسريح	(٢) التعاقد الثانوى	(٣) الطلبيات غير المنجزة	(٤) الوقت الإضافى / الطلبات غير المنجزة	(٥) جميع العوامل
الوقت النظامى	٦٠٠٠	٦٠٠٠	٦٠٠٠	٦٠٠٠	٦٠٠٠
الوقت الإضافى	–	–	١٣٢٠٠	٢٨٠٠	٢٤٥٠
التعاقد الثانوى	–	٣٦٠٠	–	–	٦٣٠
الاستخدام والتسريح	٥٤٤٠	–	–	–	–
طلبيات غير منجزة	–	–	–	١٢٠٠	–
المخزون	٢٤٠	٢٤٠	١٤٠	١٤٠	٢٤٠
المجموع	١١٦٨٠	٩٨٤٠	١٩٣٤٠	١٠١٤٠	٩٣٢٠

ثالثا : الطرق الرياضية

هذه الطرق تعمل على تطوير نماذج تساعد فى التوصل إلى خطة الإنتاج المثلى فى أغلب الأحيان ، وقد تم فى العقود الماضية تطوير عدد من الطرق الكمية الرياضية القابلة للاستخدام والتطبيق فى التخطيط الإجمالى ، ومن هذه الطرق ما يأتى :

أ – قواعد القرار الخطى

نموذج رياضى يتكون من مجموعة من المعادلات لاحتساب قوة العمل المثلى ومعدل المخرجات وحجم المخزون الأمثل لكل فترة زمنية ضمن أفق التخطيط . ومن مزايا هذه الطريقة أنها من طرق الأمثلية التى تساعد على التوصل إلى الخطة الإجمالية المثلى ؛ مما يجعلها تقتصد بحسابات الطريقة التجريبية ، كما يمكن استخدامها فى علاقات الكلفة غير الخطية .

أما عيوبها فتتمثل فى أن هذه المعادلات يجب أن تحسب لكل شركة حسب تركيبة الكلف فيها ، وبالتالى فإنها تتطلب الدراسة المتأنية للشركة والتحليل الرياضى الواسع للبيانات ذات العلاقة بالتخطيط الإجمالى ؛ من أجل التوصل إلى المعادلات التى تلائم الشركة ، كما أنه عند تغير الكلف كما هو الحال عند زيادة الأجور فيجب القيام باشتقاق جديد لهذه المعادلات .

ب– نموذج معاملات الإدارة

نموذج رياضى يتكون من مجموعة من المعادلات التى تمثل الأنماط التاريخية لقرارات التخطيط الإجمالى فى الشركة ؛ لهذا فإن هذه الطريقة تتطلب وجود بيانات تاريخية عن قوة العمل الماضية والإنتاج والمخزون . ويتم تحليل هذه البيانات باستخدام أساليب الانحدار المتعدد لإيجاد معادلات الانحدار التى تلائم بشكل أفضل البيانات التاريخية للشركة ، ومن ثم استخدام هذه المعادلات لاتخاذ القرارات المستقبلية المتعلقة بالتخطيط الإجمالى بنفس طريقة قواعد القرار الخطى .

ومزايا هذا النموذج هو أنه سهل الإعداد إذا كانت هناك بيانات تاريخية كافية ، ويحقق تحسيناً كبيراً فى قرارات الشركة القائمة على أساس بدهى ؛ لهذا فإنه

يستخدم لخفض الكلف . أما عيوبه فإن هذا النموذج لا يمكن استخدامه بشكل جيد بدون بيانات تاريخية كافية ، كما أنه يتطلب التحليل المتأنى لهذه البيانات ، ويجب أن يطبق بعناية فائقة ، وهو لا يعطى الخطة الإجمالية المثلى ، وإنما الخطة الأقرب لذلك .

ج - طريقة الاستقصاء بالحاسبة

هى تمثل مجموعة من التوجيهات التى ترشد بشكل منظّم الحاسبة فى تقييم الخطط الإجمالية والبديلة والتوصل إلى الخطة الأفضل أو الأمثل ؛ حيث تقوم الحاسبة بتجريب التوافقيات بين مستويات القوى العاملة ومعدلات المخرجات فى كل فترة ضمن أفق التخطيط . ومع أن الحاسبة تجرب وتستكشف التوافقيات الممكنة لهذه المتغيرات ؛ فإنها لا تقوم بذلك عشوائيًا ؛ حيث إن بعض القواعد يتم بناؤها وتطويرها خلال الاستقصاء لترشد بطريقة منظمة فى عملية التوصل إلى الخطة البديلة الأفضل ، وإن الاستقصاء يستمر حتى لا تعود هناك تحسينات لاحقة أو حتى ينقضى الوقت المخصص للاستقصاء . وتعتبر هذه الطريقة مرنة فى البحث عن الخطة المثلى ، أو ما هو قريب منها . كما أن الأنماط المختلفة من الكلف والقيود التشغيلية يمكن أن تدمج فى الطريقة ؛ مما يساعد على القيام بمبادلات الكلفة والدقة ؛ مما يجعل هذه الطريقة جذابة جداً فى التخطيط الإجمالى .

إن من عيوب هذه الطريقة أنها تتطلب بيانات كثيرة عن الكلف والقيود التشغيلية ، وهى لا تعطى بالضرورة الخطة المثلى ؛ فالحاسبة تستكشف عدداً كبيراً من الخطط إلا أنها لا تختبر جميع الخطط الممكنة .

د - طريقة النقل للبرمجة الخطية

هذه الطريقة طورها (إدورد بومان E.H.Bowman) فى بحثه المنشور فى مجلة " بحوث العمليات " عام ١٩٥٦م تحت عنوان" تخطيط الإنتاج باستخدام طريقة النقل للبرمجة الخطية " ؛ حيث أوضح إمكانية استخدام جدول مشكلة النقل وعملية تخصيص السعة (سعة الوقت النظامى ومتغيرات القرار) للإيفاء بالطلب ، والمثال (٧-٤) يوضح استخدام هذه الطريقة فى التخطيط الإجمالى .

وبعد ، فلابد من الإشارة إلى أن جميع الطرق الرياضية تعمل على مدخل أعلى - أسفل فى التخطيط الإجمالى ؛ لهذا يكون من الصعب رياضيًا التعبير عن جميع المبادلات التى يمكن أن تتم بين متغيرات القرار فى مدخل أسفل - أعلى ، وهذا ما تحققه الطريقة التجريبية التى تتسم بمرونة أكبر فى هذا المجال .

مثـــال (٧-٤) :

شركة لصناعة المضخات توفرت لديها البيانات الآتية حول الإنتاج والطلب والكلف فى أحد مصانعها :

البيانات	آذار	نيسان	آيار
الطلب	٨٠٠	١٠٠٠	٧٥٠
- المخرجات			
الوقت النظامى	٧٠٠	٧٠٠	٧٠٠
الوقت الإضافى	٥٠	٥٠	٥٠
التعاقد الثانوى	١٥٠	١٥٠	١٥٠
مخزون البداية	١٠٠		

- الكلف :

الوقت النظامى = ٤٠ دينار / وحدة (المضخة) .

الوقت الإضافى = ٥٠ دينار / وحدة .

التعاقد الثانوى = ٧٠ دينار / وحدة .

كلفة الاحتفاظ = ٢ دينار / وحدة / شهر .

المطلوب : بناء نموذج مشكلة النقل وإيجاد الحل الأمثل لها .

الحـل :

١ - إعداد جدول النقل للمشكلة .

٢ - يمكن أن نلاحظ من جدول النقل ما يأتي :

أ - إن كلفة الاحتفاظ (٢) دينار / وحدة / شهر ؛ لهذا فإن المضخات التي في مخزون البداية عندما تستخدم في آذار تكون كلفة الاحتفاظ بالوحدة (صفراً) كما مبين في المربع الصغير ، وإذا تم الاحتفاظ بها لشهر واحد تكون كلفة الاحتفاظ (٢) دينار / وحدة في نيسان و (٤) دينار / وحدة في آيار أي الاحتفاظ لشهرين .

ب- إن طريقة النقل تتطلب أن تكون السعة (أو العرض) مساوياً للطلب ؛ لهذا يستخدم عمود وهمي يدعى السعة غير المستغلة وذات كلفة صغيرة . ويلاحظ أن التعاقد الثانوي (السعة الخارجية) يتوفر منه (١٥٠) وحدة في كل شهر استغل منه (٥٠) وحدة في نيسان ، فكانت السعة غير المستغلة هي السعة المتبقية من التعاقد الثانوي (١٠٠) وحدة ، وفي آيار كانت (١٥٠) وحدة .

ج- إن الكمية التي تنتج في شهر ويحتفظ بها للفترة التالية تزداد كلفة وحدتها بمقدار دينارين ، وهي كلفة الاحتفاظ بالوحدة / شهر ؛ لهذا نجد أن كلفة الوحدة / الوقت النظامي في آذار(٤٠) ديناراً ، وكلفتها عند الاحتفاظ بها إلى نيسان (٤٢) ديناراً وإلى آيار (٤٤) ديناراً .

د - إن الشهر الذي فيه العرض يلبي الطلب فإن خلايا الأشهر الأخرى (كما في الأشهر (٢) و (٣) بالنسبة لخلايا شهر آذار) تلغى لعدم الحاجة لها .

هـ - إذا كانت هناك فرصة بديلة للسعة غير المستغلة ؛ فإنها تستخدم ككلفة للسعة غير المستغلة بدلاً من الصفر ؛ لتؤشر إلى إمكانية استخدام السعة العاطلة غير المستغلة .

و - في هذا المثال ، فإن نفاذ المخزون غير مسموح ؛ لهذا فإن الطلب يوفر من السعة المتاحة للفترة أو الفترات الأخرى مع تحمل كلفة الاحتفاظ .

الشهر		الأشهر			السعة غير المستغلة	السعة المتاحة
		آذار (١)	نيسان (٢)	آيار (٣)		
	مخزون البداية	صفر (١٠٠)	٢	٤	صفر	١٠٠
١	الوقت النظامى	٤٠ (٧٠٠)	٤٢	٤٤	صفر	٧٠٠
	الوقت الإضافى	٥٠	٥٢ (٥٠)	٥٤	صفر	٥٠
	التعاقد الثانوى	٧٠	٧٢ (١٥٠)	٧٤	صفر	١٥٠
٢	الوقت النظامى		٤٠ (٧٠٠)	٤٢	صفر	٧٠٠
	الوقت الإضافى		٥٠ (٥٠)	٥٢	صفر	٥٠
	التعاقد الثانوى		٧٠ (٥٠)	٧٢	صفر (١٠٠)	١٥٠
٣	الوقت النظامى			٤٠ (٧٠٠)	صفر	٧٠٠
	الوقت الإضافى			٥٠ (٥٠)	صفر	٥٠
	التعاقد الثانوى			٧٠	صفر (١٥٠)	١٥٠
الطلب		٨٠٠	١٠٠٠	٧٥٠	٢٥٠	٢٨٠٠

ويمكن تحديد خطة الإنتاج المثلى فى هذا المثال كالآتى (لقد شرحنا جانبًا من منطق الطريقة دون التوسع فى طريقة الحل بالتفصيل) .

الشهر	كلفة مخزون البداية	كلفة الإنتاج فى الوقت النظامى	كلفة الإنتاج فى الوقت الإضافى	كلفة التعاقد الثانوى	الكلفة الكلية
١	١٠٠ X ٤٠ = ٤٠٠٠	٧٠٠ X ٤٠ = ٢٨٠٠٠	٥٠ X ٥٠ = ٢٥٠٠	١٥٠ X ٧٠ = ١٠٥٠٠	٤٥٠٠٠
٢	-	٧٠٠ X ٤٠ = ٢٨٠٠٠	٥٠ X ٥٠ = ٢٥٠٠	٥٠ X ٧٠ = ٣٥٠٠	٣٤٠٠٠
٣	-	٧٠٠ X ٤٠ = ٢٨٠٠٠	٥٠ X ٥٠ = ٢٥٠٠	-	٣٠٥٠٠
المجموع	٤٠٠٠	٨٤٠٠٠	٧٥٠٠	١٤٠٠	١٠٩٥٠٠

ومن الواضح من هذا المثال أن زيادة المتغيرات المستخدمة سيؤدى إلى زيادة التعقيد والصعوبة فى الحسابات ؛ مما يستلزم استخدام الحاسبة ؛ من أجل القيام بالحسابات المطولة والمرهقة وضبط استخدام المتغيرات والمبادلات الضرورية بينها .

٧ - ٨ - استخدام التخطيط الإجمالى فى الخدمات :

من الممكن استخدام التخطيط الإجمالى فى الشركات الخدمية التى تقدم خدمات حسب الطلب ، فعند زيادة الطلب على هذه الخدمات ؛ يمكن استخدام متغيرات القرار المستخدمة فى التخطيط الإجمالى فى مجال الإنتاج الصناعى لمواجهة هذه الزيادة كما هو الحال فى استخدام عمال إضافيين ، وقت إضافى ، تعاقد ثانوى ... إلخ ، وتقليص ذلك فى فترة انخفاض الطلب ، مع ملاحظة أن الخدمة لا تخزن ؛ لهذا فإن عامل الخزن لا يستخدم فى التخطيط الإجمالى للخدمات .

إن خدمات نصب الهواتف مثلاً قد يتطلب فى فترات ذروة الطلب فى موسم السياحة استخدام عمال إضافيين يتم تسريحهم بعد انتهاء الموسم ، أو استخدام العمال الحاليين بوقت إضافى ، أو اللجوء إلى متعاقد ثانوى للقيام بهذه الخدمات فى بعض المناطق ، وقد يتم تقديم مع نصب الهواتف خدمات أخرى مثل نصب المقسّمات (البدالات) فى الشركات ، ومحطات الهاتف الطرفية الجديدة ومد خطوطها وغير ذلك مما يشكل مجموعة الخدمة التى تكوّن بمجموعها الطلب الإجمالى والإيفاء بها من خلال الخدمة الإجمالية التى تحدد بأحد المدخلين : مدخل أعلى - أسفل أو أسفل - أعلى . والمثال (٧-٥) يوضح استخدام التخطيط الإجمالى فى إدارة خدمات الطرق فى إحدى المدن .

مثــال (٧-٥) :

تقوم إدارة الطرق فى أحد الأقاليم بالمهام الآتية ، أولاً : صيانة الشوارع والطرق وأنظمة التصريف فيها ، ثانيًا : إنشاء الطرق الجديدة ، وثالثًا : إجراء التحويرات والتعديلات فى الشوراع والطرق ، وكانت إدارة الطرق تستخدم مزيجًا ملائمًا من العمال والمعدات والموردين (للحصى والأسفلت والأسمنت) والمقاولين الثانويين (التعاقد الثانوى) من أجل تأمين الخدمات المطلوبة .

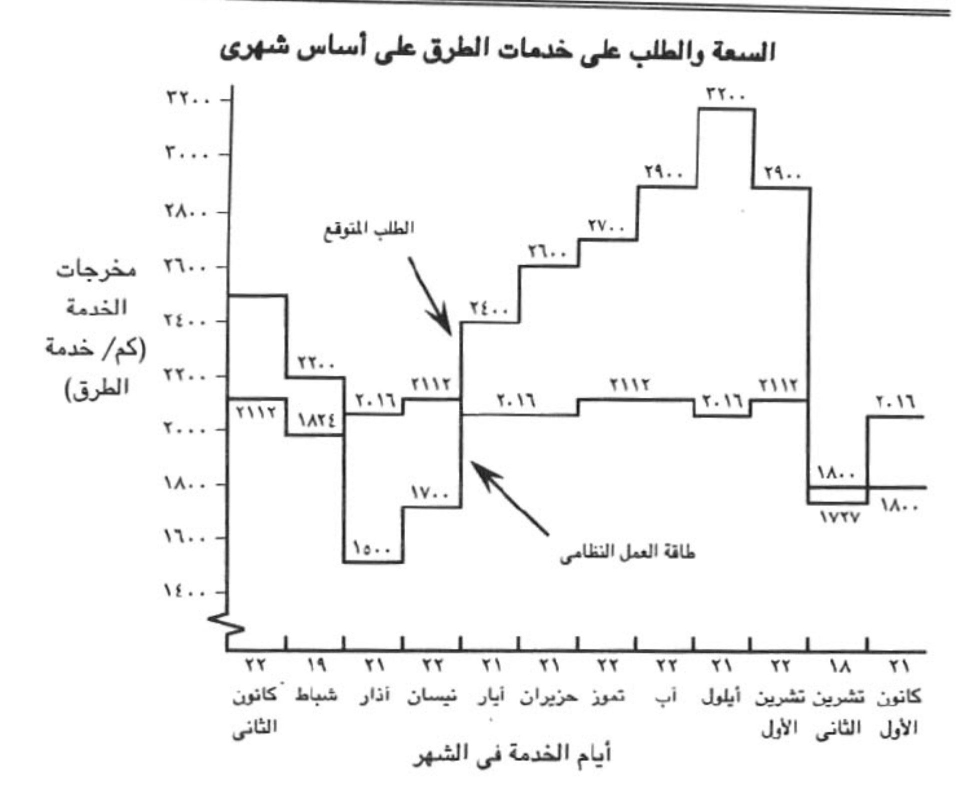
كما تستخدم الإدارة وحدة مشتركة فى القياس كيلو متر - خدمة طريق ، وإن عدد العمال النظاميين (٤٠٠) عامل ، وإن متوسط خدمة العمال (٢٠٠٠ كم / خدمة طريق / شهر) ، وهذا المتوسط يستخدم لتقدير الإنتاجية المتوقعة : ٥ كم / عامل / شهر ، أو ٠,٢٤ كم / عامل / يوم . وكانت الموارد المتاحة للإيفاء بالطلب الزائد هى :

١- قوة العمل النظامى مع إمكانية استخدامها فى وقت إضافى ، وعلاوة الوقت الإضافى (٥٠٪) من الأجر الشهرى للعمل النظامى البالغ (١٥٠) ديناراً .

٢- إن التعاقد الثانوى يوفر خدمات طريق بكلفة متوسطة ٤٠ دينار / كم ، وإن التعاقد على هذه الخدمات يجب أن يرتب قبل أشهر .

٣- إن الحد الأقصى المتاح من العمل الإضافى هو (١٠٠) عامل ابتداءً من شهر آيار حتى أيلول بأجر (١٢٠) ديناراً ، وإن كلفة الاستخدام والتسريح بالمتوسط (١٠٠) دينار / عامل إضافى .

كانت إدارة الطرق تعطى لتحويرات وتعديلات الطرق الأسبقية الأولى وبناء الطرق الجديدة الأسبقية الثانية لوجود مقاولين ثانويين متعاونين مع الإدارة ، وصيانة الطرق له الأسبقية الثالثة وتستخدمه الإدارة لامتصاص التغيرات فى الطلب الكلى . كما أن الإدارة تسعى إلى العمل وفق الطلب المتوقع وبعد جمع البيانات أعدت الشكل الآتى عن الطلب على الخدمات الإجمالية والسعة المتاحة بالعمل النظامى .



المطلوب : إعداد خطط بديلة لملائمة السعة للطلب مع مراعاة تحقيق الكلفة الأدنى وتقديم خدمة فعالة للجمهور من خلال أقل كمية من الأعمال غير المنجزة .

الحـــل :

باستخدام الطريقة التجريبية في التخطيط الإجمالي نفرض أن الخطة الأولى تقوم على زيادة قوة العمل من (٤٠٠) عامل إلى (٤٨٠) عاملاً بوقت كامل ، وهذا المتغير يزيد السعة المتاحة من (٩٦) كم / خدمة طريق / يوم (٠,٢٤ x ٤٠٠ عامل) إلى (١١٥,٢) كم / خدمة طريق / يوم (٠,٢٤ x ٤٨٠ عاملاً) بدون استخدام التعاقد الثانوي . والجدول الآتي يوضح هذه الخطة ، ويظهر أن السعة تكون في حالة نقص

استخدام بدرجة كبيرة فى شهرى آذار ونيسان . وأن الاعمال غير المنجزة فى الأشهر من حزيران إلى تشرين الأول تكون أكبر منها فى بقية الأشهر ، وأن مجموعة الأعمال غير المنجزة من الخدمات هو (٩٦٧) كم ؛ يمكن معالجتها بالتعاقد الثانوى خلال الأشهر من حزيران حتى تشرين الأول، أو باستخدام العمل الإضافى لجزء من السنة .

الخطة الأولى : استخدام (٨٠) عاملاً إضافيًا مع التعاقد الثانوى

الأشهر	الطلب (كم)			السعة (كم)	الأعمال غير المنجزة (−) السعة غير المستغلة (+) بدون تعاقد ثانوى	الأعمال غير المنجزة المتراكمة (−) (كم)
	صيانة الطرق (كم)	إنشاء الطرق الجديدة والتحويرات	المجموع			
كانون الثانى	٨٥٠	١٦٥٠	٢٥٠٠	٢٥٣٤	+ ٣٤	صفر
شباط	٨٧٠	١٣٣٠	٢٢٠٠	٢١٨٩	− ١١	− ١١
آذار	١٠٠٠	٥٠٠	١٥٠٠	٢٤١٩	+ ٩١٩	صفر
نيسان	١٢٠٠	٥٠٠	١٧٠٠	٢٥٣٤	+ ٨٣٤	صفر
أيار	١٣٠٠	١١٠٠	٢٤٠٠	٢٤١٩	+ ١٩	صفر
حزيران	١٣٥٠	١٢٥٠	٢٦٠٠	٢٤١٩	− ١٨١	− ١٨١
تموز	١٣٥٠	١٣٥٠	٢٧٠٠	٢٥٣٤	− ١٦٦	− ٣٤٧
آب	١٣٥٠	١٥٥٠	٢٩٠٠	٢٥٣٤	− ٣٦٦	− ٧١٣
أيلول	١٣٠٠	١٩٠٠	٣٢٠٠	٢٤١٩	− ٧٨١	− ١٤٩٤
تشرين الأول	١١٥٠	١٧٥٠	٢٩٠٠	٢٥٣٤	− ٣٦٦	− ١٨٦٠
تشرين الثانى	٨٠٠	١٠٠٠	١٨٠٠	٢٠٧٤	+ ٢٧٤	− ١٥٨٦
كانون الأول	٦٠٠	١٢٠٠	١٨٠٠	٢٤١٩	+ ٦١٩	− ٩٦٧

السعة المتاحة فى شهر كانون الثانى = ٤٨٠ عاملاً x ٢٤,٠ كم / عامل / يوم x ٢٢ = ٢٥٣٤كم .

الكلفة الكلية للخطة الأولى=٨٦٤٠٠٠ (عامل نظامى) + ٣٨٦٨٠ (تعاقد ثانوى) =٩٠٢٦٨٠ ديناراً .

والخطة الثانية تقوم باستخدام (٤٠٠) عامل نظامى مع (١٠٠) عامل إضافى فى الأشهر من آيار إلى أيلول واستخدام التعاقد الثانوى فى أشهر الذروة . إن السعة الإضافية فى أشهر آيار حتى أيلول تخفض الأعمال غير المنجزة ، ويتم استخدام التعاقد الثانوى بمقدار (١٧٢٤) كم فى الأشهر من حزيران حتى تشرين الثانى ؛ مما يوفى الطلب على الخدمات حتى نهاية السنة . والجدول الآتى يوضح هذه الخطة التى أدت إلى خفض الكلفة الكلية إلى (٨٥٩٩٦٠) ديناراً .

الخطة الثانية : استخدام (١٠٠) عامل إضافى مع التعاقد ثانوى

الأشهر	الطلب (كم)			السعة (كم)	الأعمال غير المنجزة (-) السعة غير المستغلة (+) بدون تعاقد ثانوى	الأعمال غير المنجزة المتراكمة (-) (كم)
	صيانة الطرق (كم)	إنشاء الطرق الجديدة والتحويرات	المجموع			
كانون الثانى	٨٥٠	١٦٥٠	٢٥٠٠	٢١١٢	– ٣٨٨	– ٣٨٨
شباط	٨٧٠	١٣٣٠	٢٢٠٠	١٨٢٤	– ٣٧٦	– ٧٦٤
آذار	١٠٠٠	٥٠٠	١٥٠٠	٢٠١٦	+ ٥١٦	– ٢٤٨
نيسان	١٢٠٠	٥٠٠	١٧٠٠	٢١١٢	+ ٤١٢	صفر
أيار	١٣٠٠	١١٠٠	٢٤٠٠	٢٥٢٠	+ ١٢٠	صفر
حزيران	١٣٥٠	١٢٥٠	٢٦٠٠	٢٦٤٠	– ٨٠	– ٨٠
تموز	١٣٥٠	١٣٥٠	٢٧٠٠	٢٦٤٠	– ٦٠	– ١٤٠
آب	١٣٥٠	١٥٥٠	٢٩٠٠	٢٦٤٠	– ٢٦٠	– ٤٠٠
أيلول	١٣٠٠	١٩٠٠	٣٢٠٠	٢٥٢٠	– ٦٨٠	– ١٠٨٠
تشرين الأول	١١٥٠	١٧٥٠	٢٩٠٠	٢١١٢	– ٧٨٨	– ١٨٦٨
تشرين الثانى	٨٠٠	١٠٠٠	١٨٠٠	١٧٢٨	– ٧٢	– ١٩٤٠
كانون الأول	٦٠٠	١٢٠٠	١٨٠٠	٢٠١٦	+ ٢١٦	– ١٧٢٤

السعة المتاحة فى شهر كانون الثانى = ٤٠٠ عامل x ٠,٢٤ كم / عامل / يوم x ٢٢ = ٢١١٢ كم .

السعة المتاحة فى شهر أيار = ٥٠٠ عامل x ٠,٢٤ كم / عامل / يوم x ٢١ = ٢٥٢٠ كم .

الكلفة الكلية للخطة الثانية = ٧٢٠.٠٠٠ (عامل نظامى) + ٦٠٠٠٠ (عامل إضافى) + ١٠٠٠٠ (استخدام وتسريح) + ٦٨٩٦٠ (تعاقد ثانوى) = ٨٥٩٩٦٠ ديناراً .

ومن الممكن الاستمرار فى استخدام المتغيرات ؛ من أجل التوصل إلى خطط بديلة أفضل من حيث الكلفة .

الأسئلة :

١- ما الفرق بين نمط خط الإنتاج ونمط خط الزبون فى تخطيط الإنتاج ؟

٢- ماذا نعنى بما يأتى : السعة الثابتة والسعة القابلة للتعديل . وما علاقة كل منهما بالتخطيط الإجمالى ؟

٣- وضح كيف تتم المبادلة فى السعة الثابتة والسعة القابلة للتعديل مع تقديم مثال على كل منها .

٤- ماهى الخيارات المتاحة لملاءمة السعة / الطلب ؟

٥- قارن بين مدخلى التخطيط الإجمالى أعلى - أسفل ، و أسفل - أعلى مع تقديم مثال عنهما .

٦- ماهى خطط تسوية التذبذب فى الطلب المستخدمة فى التخطيط الإجمالى مع المقارنة بينهما وفق معيارىْ الكلفة والمرونة ؟

٧- ماهى أنواع الكلف التى تظهر فى خطط التخطيط الإجمالى ، ماهى المبادلات الأساسية التى يمكن أن تظهر فيما بينها ؟

٨- ماذا تستخدم إدارة العمليات من متغيرات القرار فى التخطيط الإجمالى فى الحالات الآتية :

أولاً : فى حالة وجود نقابات قوية .

ثانيًا : فى حالة المنافسة الشديدة فى صناعة الملابس .

ثالثًا : فى حالة المنافسة المحدودة فى صناعة الأثاث .

رابعًا : فى حالة وجود منافسة شديدة بين الموردين .

٩- كيف يمكن توضيح إمكانية استخدام التخطيط الإجمالى مع تقديم أمثلة دالة فى الحالات الآتية :

١- خدمات المصاريف الكبيرة .

٢- خدمات إدارة الهواتف .

٣- خدمات إدارة البريد .

التمارين :

١- مصنع البركة الجديد يقوم بإنتاج أربعة أنواع من المنتجات (س ، ص ، ع ، ل) ، وكان المصنع يستخدم منتوجًا متوسطًا يكافئ منتجات المصنع كالآتى : س = ٠,٥٠ ، ص = ٠,٦٠ ، ع = ٠,٩٠ ، ل = ١,٢٠ . وكان الطلب المتوقع على المنتجات الأربعة فى الفترة القادمة كالآتى : س = ٦٠٠٠ وحدة ، ص = ٥٠٠٠ وحدة ، ع = ٨٠٠٠ وحدة ، ل = ١٠٠٠٠ وحدة . فما هو حجم السعة المطلوبة فى المصنع ؟

٢- أحد المنتجين يقوم بإعداد خطة إجمالية للفترات الست القادمة ، وقد توفرت البيانات الآتية عن الطلب :

الفترة	١	٢	٣	٤	٥	٦
الطلب	٢١٠٠	٢٤٠٠	٢٥٠٠	٢٥٠٠	٢٥٠٠	٢٠٠٠

المطلوب :

أ- التمثيل البيانى لمتوسط الإنتاج والطلب وكذلك الإنتاج والطلب المتراكمين .

ب- استخدام المخزون لتسوية التذبذب فى الطلب فى الفترات الست (إن المنتج لا يستخدم مخزون الأمان) .

ج- ما هوحجم مخزون الأمان المطلوب الاحتفاظ به لتجنب عدم الإيفاء بالطلب فى هذه الفترات ؟

٣- فى المصنع الهندسى الحديث الذى ينتج ثلاثة أنواع من الطباخات الغازية (كبيرة ، متوسطة ، وصغيرة) ، كانت الإدارة تستخدم منتوجًا متوسطًا لغرض تحديد السعة الإنتاجية المطلوبة فى كل فترة . وكان المنتوج المتوسط يساوى (٠,٧٥) من الطباخ الكبير ، و(١) من الطباخ المتوسط ، و(٠,٥٠) من الطباخ الصغير ، وكان الطلب المنفرد على الأنواع الثلاثة من الطباخات خلال الفترات القادمة كالآتى :

الفترات	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
الطباخ الكبير	١٠٠	١٦٠	٢٠٠	٢٦٠	٦٠	١٢٠	١٤٠	١٨٠
الطباخ المتوسط	١٣٥	٢٣٠	٢٨٥	٣٢٠	٧٥	١٩٠	٢٤٥	٢٧٥
الطباخ الصغير	٨٠	١٠٠	١٣٠	١٥٠	٧٠	١٤٠	١٠٠	١٨٠

وقد كانت الكلف فى المصنع كالآتى :

كلفة الوقت النظامى = ٣ دينار / وحدة .

كلفة الوقت الإضافى = ٥ دينار / وحدة .

كلفة الاستخدام = ٨ دينار / وحدة .

كلفة التسريح = ٦ دينار / وحدة .

كلفة التعاقد الثانوى = ٨ دينار / وحدة .

كلفة الطلبية غير المنجزة = ٥ دينار / وحدة / فترة .

كلفة الاحتفاظ بالمخزون = ٢ دينار / وحدة / فترة .

يتوقع أن يكون معدل المخرجات بالوقت النظامى في الفترات الفردية (٣٠٠) وحدة والفترات الزوجية (٤٠٠) وحدة ، وأن المصنع يتبع سياسة المخزون الصفرى فى بداية

الفترة ونهاية الفترة الأخيرة ، كما كان يستخدم المخزون كعامل تسوية للتذبذب فى الطلب خلال الفترات . وأن الوقت الإضافى المتاح (١٠٠) وحدة فى الفترة ، والتعاقد الثانوى المتاح (١٥٠) وحدة فى الفترة والطلبيات غير المنجزة مسموحة بأية كمية .

المطلوب : إعداد خطط الإنتاج الإجمالية الآتية واحتساب كلفها الإجمالية باستخدام :

أ - أسلوب الاستخدام والتسريح .

ب - الطلبيات غير المنجزة .

ج - الوقت الإضافى والطلبيات غير المنجزة .

د - التعاقد الثانوى والطلبيات غير المنجزة .

هـ - جميع المتغيرات المتاحة .

٤ - فى التمرين السابق رقم (٣) إذا لم تكن هناك قيود على المتاح من الوقت الإضافى والتعاقد الثانوى ، هل تتغير الخطة الإجمالية الأفضل التى تحقق أدنى كلفة كلية ؟

٥ - فى التمرين رقم (٣) افرض أن الإدارة تعتمد سياسة الاحتفاظ بالمخزون فى بداية الفترة الأولى ونهاية الفترة الثامنة مقداره (٤٠) ، كيف تتغير خطط الإنتاج الإجمالية ؟

المراجع :

أولاً - الكتب :

1- E.Adam., Jr.and R.J.Ebert, Production and Operations Management , . Printice Hall of India Private . New Delhi , 1993.
2- J.B. Dilworth , Production and Operations Management , McGraw - .. Hill Publishing Co. New York . 1989. .
3- J.R .Evans , Applied Production and Operations Management , West . Publishing Co. America . 1993 .
4- P.Kotler , Marketing Management , Printice-Hall International Inc, . London , 1980 .
5- D.W. McLeavy and S.L. Narasimhan , Production Planning and .... Inventory Control , Allen and Bacon , Inc. Boston . 1985 .
6- S.Nahmais, Production and Operations Management , Irwin , New .... York .1989 .
7- R.G. Schroeder , Operations Management , McGraw - Hill Book Co. . New York . 1989 .
8- W.J Stevenson , Production / Operations Management , Richard D.Irwin, . Chicago, 1996 .

ثانيا - الدوريات :

1- E.H. Bowman , Production Planning by the Transportation Method of Linear Programming , Journal of the Operations Research Society , Vol. .4 Feb. 1956 . pp. 100-3 .







هذا الكتاب

يعرض الكتاب لموضوع إدارة العمليات ومفاهيمها وتطبيقاتها وتطورها ، ويناقش الإستراتيجية والفرق بين الخدمة والإنتاج ، ويحلل ويرصد مساهمات العلماء في تطور إدارة العمليات من عام ١٧٧٦م حتى نهاية الألفية الثانية . كما يعرض للتجربة اليابانية في إستراتيجية العمليات ويقارنها بالتجربة الأمريكية ، ويناقش موضوعات مهمة مثل : الخصائص الأساسية لإستراتيجية العمليات والشركة الخلاقة للمعرفة ، والأسبقيات التنافسية ، وبناء الشبكيات المتعلقة بالكلفة والمسار الحرج .

ثم يتناول المؤلف العوامل المؤثرة على اختيار موقع المشروع والاتجاهات الحديثة في اختيار الموقع ، والأنواع الأساسية للتنظيم الداخلي وتنظيم المستودعات ، وتقدير الطلب والعرض وأساليب التنبوء ، وأساليب تطوير المنتجات وإدارة المخزون ، وتقدير الاحتياجات من المواد ، وجدولة الإنتاج وإزالة الهدر والصيانة الوقائية ومقاييس الكفاءة .

ثم يختتم الكتاب بموضوع الجودة في إدارة العمليات ، وقد تم تقسيم مادة الكتاب إلى أربعة عشر فصلاً تضمنت أسئلة للتطبيق وقائمة بالمراجع الهامة .

ردمك : ٥ - ٠٦٩ - ١٤ - ٩٩٦٠

تصميم وإخراج وطباعة
الإدارة العامة للطباعة والنشر بمعهد الإدارة العامة - ١٤٢٢هـ



مركز البحوث

إدارة العمليات

النظم والأساليب والاتجاهات الحديثة

الجـــزء الثانى

(١)

التثقيب والتثبيت

المنتجات

(٢)

الطلاء

الصقل

المعالجة بالحرارة

(٣)

(٤)

المخرجات

التشكيل بالطرق

(٥)

تأليف

د . نجـم عبـود نجـم

بسم الله الرحمن الرحيم



مركز البحوث

إدارة العمليات :

النظم والأساليب والاتجاهات الحديثة

الجزء الثانى

تأليف

د. نجم عبود نجم

١٤٢٢هـ ـ ٢٠٠١م



الفصل الثامن : نماذج المخزون

٨ - ١ - المدخل :

يعتبر المخزون واحداً من الموضوعات الأساسية التى تواجهها الإدارة فى المنظمات المختلفة ، وهذا ليس يعود فقط إلى الوظائف المهمة التى يضطلع بها المخزون من أجل استمرار الإنتاج ، وإنما أيضًا إلى حقيقة ما يمثله المخزون من موارد وكلف ينبغى أن تستخدم بكفاءة عالية ؛ فقيمة المخزون تصل فى المتوسط إلى (٢٥٪) من مجموع رأس المال المستثمر ، وتتراوح هذه القيمة فى الشركات الصناعية بين (٩٪) و(٥٥٪) ، ولأن المخزون يؤدى إلى تجميد الموارد (رأس المال المستثمر فى الأرض وأبنية المخازن والمواد المخزونة) ، وتحمل الكلف (كلف الاحتفاظ بالمخزون وكلف الطلبية وغيرها) ؛ فإن النظرة السائدة فى الوقت الحاضر تميل إلى اعتبار المخزون شراً لابد منه ؛ مما يستلزم خفضه إلى أدنى مستوى ممكن .

لم تكن هذه النظرة إلى المخزون فى الوقت الحاضر هى نفسها فى السابق ، فحتى بداية هذا القرن كان المخزون هو مقياس الثروة والقوة على صعيد البلد أو المنظمات ، كما كانت المستودعات الكبيرة مؤشراً على القوة الاقتصادية ؛ لهذا كانت القاعدة الذهبية هى (اجعل المخزون أكبر ما يمكن) . وإذا كان هذا الاتجاه فى التعامل مع المخزون يكشف عن ظروف عدم الاستقرار ؛ فإنه يكشف أيضًا عن مراحل تطور الإدارة فى هذا المجال . ومع ظهور مخاطر ومساوئ الاحتفاظ بمخزون كبير ؛ بدأ الانتقال إلى النظرة الأخرى ، فالمخزون يواجه مخاطر جديدة عندما يكون بكميات كبيرة ، كما هو الحال فى مخاطر التقادم والتلف والسرقة ، والتغيرات الحادة فى الأسعار وتجميد رأس المال وتدنى سرعة دورانه ، وتحمل كلف خدمة المخزون والاحتفاظ به وغيرها ؛ مما حفز على البحث عن أساليب وطرق تساعد على تحقيق أفضل توازن بين الوظائف المتوقعة من المخزون (المنافع) والأعباء الناجمة عنها (الكلف) على أساس كمية المخزون المثلى وهذا ما توصل إليه (هاريس F.W.Harris) عام ١٩١٥م فى النموذج الأساسى لكمية الطلبية الاقتصادية ؛ ليبدأ فى العشرينيات من هذا القرن اتجاه يقوم على أن المخزون هو مقبرة الأعمال ، وأن الفائض فى المخزون هو السبب الأساسى لفشل منظمات الأعمال . وبالنتيجة فإن

رجال الأعمال طوروا موقفًا واضحًا ضد زيادة المخزون والعمل من أجل التوصل إلى ظاهرة معروفة هى الشراء من اليد إلى الفم ، وهذا يعنى الاحتفاظ بالمخزون (صفرًا) أو أقرب إلى الصفر . ومع أن المخزون لازال يمثل حقيقة قائمة فى المنظمات المختلفة ، إلا أن التطور الكبير قد حصل فى اتجاهين : الأول يتمثل فى تطوير نماذج المخزون (Inventory Models) التى تستهدف التوصل إلى كمية الطلبية الاقتصادية وفترة الطلبية المثلى ؛ من أجل تقليل كلفة المخزون الكلية إلى الحد الأدنى ، والثانى : يتمثل فى الاتجاه المتعلق بإزالة المخزون أى التقرب من المخزون (صفر) ويمثل نظام الوقت المحدد (Just-in-time System) هذا الاتجاه ؛ حيث إنه يقوم على أساس أن المخزون هو أصل كل الشرور ليس لأنه يمثل كلفة إضافية جراء تجميد رأس المال ، وإنما أيضًا لأنه يخفى المشكلات ، فكما يقول هاى (E.S.Eay) ، فالمخزون يغطى المشكلات ويزود المنتج بطرق سهلة للتعايش مع هذه المشكلات فى الإنتاج بدلاً من حلها .

إن هذين الاتجاهين يتكاملان مع بعضهما من أجل المعالجة الشاملة لمشكلات المخزون الأساسية فى الحالات المختلفة ، فعندما يكون ممكنًا تجنب المخزون فإن الاتجاه الثانى يكون هوالحالة المثالية ، وفى حالة عدم التمكن من تجنب المخزون (لتغير الطلب أو تغير فترة التوريد) ؛ فإن الاتجاه الأول هو الحالة الأفضل لتجنب مخاطر وكلف إضافية لامبرر لها .

يمكن تعريف المخزون بأنه كمية المواد والسلع التى تحتفظ بها المنظمة بشكل عاطل نسبيًا فى انتظار استخدامها أو بيعها ، أى أن المخزون عملية خمود مؤقت بين نشاطين هما العرض والطلب ؛ حيث إن المخزون يحقق التوازن بين العرض فى وقت والطلب فى وقت آخر ؛ لهذا يمكن ملاحظة أن توافق العرض والطلب فى نفس الوقت والمكان يجعل المخزون غير ضرورى ولاحاجة للاحتفاظ به ، وكلما كان هناك تفاوت بين العرض والطلب فى المكان والزمان ؛ برزت الحاجة إلى المخزون ، ويمكن أن نميِّز أنواعًا من المخزون لمواجهة هذه الحاجة وهى كالآتى :

أ – المخزون الانتقالى : هذه الفئة من المخزون تتكون نتيجة لاستمرار عملية الإنتاج أو عملية النقل . فى الإنتاج يكون بفعل العمل المستمر عليه فهو مخزون تحت العملية

أو فى الانتقال بين مراكز العمل ويدعى مخزون العملية (Process Stock) وفى عملية النقل يكون فى حالة انتقال (In Transit) بين مراكز التوزيع ويدعى أيضًا (Pipeline Stock) .

ب – مخزون الدورة : هذه الفئة هى الشكل الشائع للمخزون وهو الذى يتكون بفعل الطلبية أو بفعل وجبة الإنتاج ، والمخزون فى هذه الدورة يكون فى حده الأعلى عند استلام الطلبية ، وفى حده الأدنى قبل استلام الطلبية الجديدة (أى عند المخزون صفر فى حالة عدم استخدام مخزون الأمان) .

ج – مخزون الأمان : هذه الفئة من المخزون يحتفظ بها لمواجهة عدم التأكد فى الاحتياجات المستقبلية ؛ حيث إن هذه الاحتياجات (الطلب) يتم تقديرها عادة عن طريق التنبؤ ، ولكن التنبؤات دائمًا تحمل قدراً من الخطأ ؛ مما يتطلب التحسب له باستخدام مخزون الأمان (Safety Stock) .

د – المخزون الموسمى : هذه الفئة من المخزون تتكون عندما يكون الطلب أو الاحتياجات تختلف بشكل كبير من وقت لآخر ؛ فتكون هناك فترة ركود فى الطلب (طلب منخفض) وفترة رواج (فترة ذروة الطلب) ؛ لهذا يتم تكوين المخزون فى الفترة الأولى من أجل استخدامه فى الثانية بما يحقق مزايا اقتصادية ؛ حيث إن المخزون الموسمى (Seasonal Stock) يحقق الموازنة بين كلفة الاحتفاظ بالمخزون فى فترة الركود والمزايا المتحققة من الإيفاء بالطلب العالى فى فترة الرواج .

هـ – المخزون لأسباب أخرى : هذه الفئة تخدم أغراضًا عديدة كما هو الحال فى المخزون الذى يحتفظ به للاستفادة من الخصم ، أو لتحقيق المزايا جراء توقع ارتفاع الأسعار بشكل كبير فى المستقبل .

يصنف المخزون أيضًا إلى مخزون المواد الأولية ، والمواد تحت الصنع ، المنتجات النهائية وأخيراً مخزون قطع الغيار . وفى ضوء أنواع المخزون يمكن أن نحدد الوظائف الرئيسية للمخزون وهى كالآتى :

أ – تهدئة العمليات : فى حالات كثيرة يكون الطلب غير مستقر ، ويتغير على أساس موسمى ، أى انخفاض الطلب فى موسم الركود وارتفاعه فى موسم الرواج ، أو

على أســاس دورة الأعمــال (Business Cycle) ولمعـالجـة مـثل هـذه التـذبذبات فى الطلب ؛ يتم تقدير ذروة الطلب وفتـراتها من أجل الاحتفاظ بالمخزون من فترات الركود وانخفاض الطلب لاستخدامه فى فترة الذروة ، وبهذا يتم استقرار الإنتاج وإبعاده عن التأثر بتذبذبات الطلب .

ب - كمـية الطلبـية الاقتـصادية : إن كمـية الطلبـية الكبيـرة نسبـيًا قد تحـقق مزايا اقتصادية من خلال تقليص عدد الطلبيات والكلف المترافقة معها ، وقد تكون هذه المزايا أكبر من أو متكافئة مع الكلف التى يتم تحملها جراء الاحتفاظ بهذه الكمية كمخزون .

ج - الوقاية من نفاد المخزون : إن تذبذب الطلب بشكل غير قابل للتنبؤ يحمل فى طياته مخاطرة نفاد المخزون (Stock-out) وتدنى مستوى الخدمة وظهور الطلبيات المؤجلة لعدم القدرة على الإيفاء بها ؛ لهذا يتم الاحتفاظ بالمخزون بكميات مناسبة ؛ من أجل تجنب هذه المخاطر ، والكلف الإضافية المترافقة معها بما فى ذلك التأثير السلبى على سمعة الشركة .

د - الاقتصاد فى نظام الرقابة على المخزون : فى أحيان كثيرة يكون الاحتفاظ بكمية كبيـرة من المخزون سببًا فى تقليص الجهد المطلوب فى السيطرة على المخزون نفسـه ، والمثـال الواضح هو فى الشـخص الذى لديه رصـيد كـبيـر فى المصـرف عندما يسحب منه مبالغ صغيرة لا يحتاج لإجراء الموازنة والمراجعة للرصيد ؛ لأنه يكون متأكدًا أن السحوبات الصغيرة هى أبعد ما تكون عن السحب بدون رصيد .

هـ - الاستفادة من تقلبات السوق : إن تقلبات السوق تخلق ميزة اقتصادية للاحتفاظ بالمخزون ؛ لهذا فإن المنظمات تستخدم المخزون لتحقيق هذه المزايا من خلال الاحتفاظ بكمية أكبر عند توقع ارتفاع حاد فى الأسعار .

إن هذه الوظائف تتكامل فـيمـا بينهـا فى إطار نظام الرقابة على المخـزون الذى يستهدف تحقيق هدفين ، الأول : تحقيق أفضل خدمة فى الاستجابة للطلبيات بالكميات والأوقات المطلوبة ، والثانى : تحقيق هذا المستوى من الخدمة بالكلفة الأدنى . ومن الواضح أن كلا الهدفين يتناقضـان ؛ لأن خدمة عالية فى الاستجابة للطلبيات تعنى

مخزونًا أكبر أي كلفة عالية ، في حين أن كلفة منخفضة تقود إلى مستوى أدنى من الخدمة ؛ لهذا فإن إدارة المخزون تقارن بين جودة الخدمة والكلفة لتحقيق التوازن الأمثل بينهما ، وذلك من خلال نماذج المخزون التي يمكن توظيفها في اتخاذ قرارين أساسيين الأول : كم يطلب ؟ ، ومعيار هذا القرار هو الكلفة الكلية الأدنى للمخزون ، والثاني : متى يطلب ؟ ، ومعيار هذا القرار هو الكلفة الكلية الأدنى للمخزون بعد الأخذ بالاعتبار كلفة النقص أو كلفة نفاد المخزون (Stock-OutCost) .

٨-٢ - نماذج المخزون :

إن إدارة المخزون تستخدم نماذج المخزون للإيفاء بالطلب على المخزون بأدنى كلفة كلية ممكنة ، ولقد تطورت وتعددت هذه النماذج لتخدم أغراضاً متعددة في حالات وظروف مختلفة ، فإذا كان النموذج الأساسي لكمية الطلبية الاقتصادية (Basic EOQ Model) يتضمن افتراضات عديدة تجعل استخدام النموذج مقصوراً على حالات قليلة ومحدودة ؛ فإن نماذج المخزون التي تم تطويرها بما ينسجم مع حاجات منظمات الأعمال وإدارة المخزون ؛ تجاوزت الكثير من هذه الافتراضات والمحددات ، حتى أصبحت هذه النماذج لاغنى عن استخدامها في حالات كثيرة ومتنوعة .

يمكن تصنيف هذه النماذج إلى :

أ - **نماذج كمية الطلبية الثابتة (Fixed-Order Quantity Ms.)** : هذه تمثل مجموعة من نماذج المخزون تعتمد على وضع طلبيات بنفس المقدار ؛ حيث يتم السحب من المخزون إلى أن يصل إلى مستوى معين يتم وضع طلبية جديدة بنفس الكمية ، وهذه النماذج تتطلب مراجعة مستمرة للمخزون وتحديث المعلومات عن المخزون أولاً بأول لوضع طلبية جديدة ، وهذه النماذج يمكن أن تجيب عن السؤال : كم يطلب في الحالات التي تغطيها ؟

ب - **نماذج فترة الطلبية الثابتة (Fixed-Order Interval Ms.)** : فيها يتم وضع الطلبية على أساس الفترة الدورية الثابتة ، وبالتالي فإن مراجعة المخزون تتم في فترات

دورية وليس بشكل مستمر ؛ مما يسمح بالنقص وبالطلبيات المؤجلة والمبيعات الضائعة ، والواقع أن هذه النماذج تضع فترة الطلبية بحيث تكون محددة وثابتة فى حين أن كمية الطلبية تكون متغيرة حسب الموجود من المخزون عند حلول موعد وضع الطلبية ، وهذه النماذج تجيب عن السؤال : متى يطلب فى الحالات التى تغطيها ؟

إن كلا النوعين من النماذج يُستخدمان فى الرقابة على المخزون ، حيث النوع الأول يركز على الكمية وتوضع الطلبية بصيغة كمية ، فى حين أن النوع الثانى يركز على الفترة وتوضع الطلبية بصيغة الوقت . وسنعرض نماذج كلا النوعين فيما بعد ، كما أن نماذج المخزون تصنف إلى :

- نماذج مؤكدة (Deterministic Models) : التى فيها معاليم القرار تكون معلومة كالطلب ومعدل الطلب وفترة التوريد ومستوى الخدمة والنقص ... إلخ .
- نماذج احتمالية (Probabilistic Models) : التى فيها معاليم القرار تكون غير معلومة كالطلب وفترة التوريد وتخضع لتوزيع احتمالى ؛ مما يجعل نفاد المخزون ممكنًا ؛ مما يتطلب الاحتفاظ بمخزون الأمان الذى يترافق مع كلفة الاحتفاظ به ؛ لهذا يكون البحث ضروريًا فى المستوى الأمثل لمخزون الأمان .

وسنعرض لكلا النوعين من النماذج بشىء من التفصيل فى الفقرات الآتية ، مؤكدين على أن جميع هذه النماذج هى عبارة عن توسيعات وتعديلات على النموذج الأساسى لكمية الطلبية الاقتصادية الذى تم وضعه فى وقت مبكر من هذا القرن .

٨-٣- النماذج المؤكدة :

فى هذه النماذج فإن الطلب ومعدل الطلب والتوريد يكونان معلومين ، وحتى فى حالة نفاد المخزون ، أى ظهور طلبيات لايمكن الإيفاء بها جراء عدم وجود المخزون - تكون كمية النقص معلومة وفترة تراكمها والإيفاء بها معلومة أيضًا . وفى عرضنا لهذه النماذج سوف نتناول ما يأتى :

- النموذج الأساسى لكمية الطلبية الاقتصادية .
- نموذج كمية الطلبية الاقتصادية مع التوريد المتماثل .
- نموذج كمية الطلبية الاقتصادية مع الطلبيات المؤجلة .
- نموذج كمية الطلبية الاقتصادية مع خصم الكمية أو مع تخفيضات السعر .
- تحليل الحساسية .

٨-٤ - نموذج كمية الطلبية الاقتصادية :

إن نموذج كمية الطلبية الاقتصادية (Economic Order Quantity M.) يفترض أن كمية الطلبية ثابتة ؛ لهذا يدعى أيضًا نموذج كمية الطلبية الثابتة (Fixed-Order Quantity M.) ، وهو النموذج الأساسى الذى تم اشتقاقه واقتراحه من قبل (هاريس F. W. Harris) عام ١٩١٥م ، ويعتبر أول نموذج رياضى للمخزون . إن نموذج كمية الطلبية الاقتصادية (EOQ) يقوم على افتراضات أساسية هى :

أ - أن معدل الاستهلاك ثابت طوال العام ، أى أن متوسط الطلب ثابت من دورة طلبية لأخرى .

ب - أن توريد الطلبية يتم بوجبة أو دفعة واحدة ، وليس بالتدريج والنقص غير مسموح .

ج - أن فترة التوريد الممتدة بين وضع الطلبية واستلامها معروفة وثابتة ولا تتغير من دورة طلبية لأخرى .

د - أن كلفة الشراء ثابتة ، أى أن سعر الوحدة ثابت بدون خصم على كمية الطلبية .

مع أن هذه الافتراضات تمثل حالة مثالية ونادرة فى شركات الأعمال إلا أنها ممكنة فى حالات عديدة فى المدى القصير دون ضمان ذلك فى المدى البعيد لكثرة التغيرات التى تحدث على الطلب وعلى السلعة والسعر والتوريد وظروفه . ومن أجل عرض وتحليل هذا النموذج ؛ فلابد من عرض للفئات الأساسية لكلفة المخزون ؛ حيث إن

المخزون بأنواعه (مخزون المواد الأولية ، المواد تحت الصنع ، المنتجات النهائية ، وقطع الغيار) يترافق مع الكلف الآتية :

أولاً : كلفة الشراء :

هى كلفة شراء المخزون فى فترة معينة (عادة سنة) ، ويتم احتسابها بضرب سعر الوحدة أو كلفة الوحدة (ع) بالطلب السنوى (مجموع المخزون فى كل الطلبيات فى السنة) ، فإذا كان لدينا :

سعر الوحدة = ع = ٥ دينارات .
كمية الطلب السنوى = ط = ١٠٠٠ وحدة .
فإن كلفة الشراء = ك ش = (ع × ط) = ٥ × ١٠٠٠ = ٥٠٠٠ دينار .

ولأن كلفة الشراء ثابتة (الفرض د) والطلب السنوى ثابت (الفرض أ) ؛ لذا فإن كلفة الشراء لا تستخدم فى احتساب الكلفة الكلية للمخزون لاختصار العمليات فى احتساب هذه الكلفة .

ثانياً : كلفة الطلبية :

هى الكلفة المترافقة مع وضع الطلبية واستلامها وتتضمن كلفة إعداد الطلبية ، نماذج الاستمارات المستخدمة ، المكالمات الهاتفية ، فحص السلع من الناحية الكمية والجودة عند استلامها ، حركة السلع عند الخزن المؤقت وغيرها . وعادة يعبر عنها بمقدار ثابت بغض النظر عن حجم الطلبية ؛ لهذا فإن زيادة كمية الطلبية (س) تؤدى إلى انخفاض عدد الطلبيات فى السنة ، وكذلك إلى انخفاض كلفة الطلبية الكلية . لو فرضنا أن :

الطلب السنوى = ط = ١٠٠٠ وحدة .
كلفة الطلبية = ك ل = ١٠ دينارات .
كمية الطلبية = س = ٥٠٠ وحدة .
عدد الطلبيات فى السنة = ط \ س = ٥ طلبيات .

فإن كلفة الطلبيات الكلية ستكون :

$$\text{كلفة الطلبيات الكلية} = \frac{\text{ط}}{\text{س}} \times \text{ك ل} \quad \text{.............................} \quad (١-٨)$$

$$= \frac{١٠٠٠}{٥٠٠} \times ١٠ = ٢٠ \text{ ديناراً .}$$

وتكون هذه الكلفة عند خفض كمية الطلبية إلى (٢٠٠) وحدة كالآتى :

$$\text{كلفة الطلبية الكلية} = \frac{١٠٠٠}{٢٠٠} \times ١٠ = ٥٠ \text{ ديناراً .}$$

وعند خفض كمية الطلبية إلى (١٠٠) وحدة :

$$\text{كلفة الطلبية الكلية} = \frac{١٠٠٠}{١٠٠} \times ١٠ = ١٠٠ \text{ دينار .}$$

يمكن ملاحظة أن هناك علاقة عكسية بين عدد الطلبيات (د) وكمية الطلبية (س) ، فكلما انخفضت كمية الطلبية ازداد عدد الطلبيات ، وفى مثالنا كان عدد الطلبيات فى الحالات الثلاث على التوالى هو : (٢، ٥ ،١٠) ، كما نلاحظ علاقة عكسية بين كلفة الطلبية الكلية وكمية الطلبية (س) ، حيث كلما زادت كمية الطلبية انخفض عدد الطلبيات ، وبالتالى تنخفض كلفة الطلبية الكلية والشكل رقم (٨-١-أ) يوضح هذه العلاقة .

ثالثًا : كلفة الاحتفاظ :

هذه الكلفة تتضمن كلفة الخزن لكل وحدة من المادة المخزونة فى السنة ، والتبريد ، والتلف والتقادم التكنولوجى الذى يخفض من قيمة المخزون ، وكلفة استثمار رأس المال

فى المخزون وعدم استخدامه فى استثمارات أخرى (أى كلفة الفرصة البديلة) . وتحدد عادة كلفة الاحتفاظ كنسبة من سعر الوحدة أو كنسبة من القيمة الدينارية لمتوسط المخزون ، وتحسب كلفة الاحتفاظ الكلية (فى السنة) كناتج لكلفة الاحتفاظ بالوحدة فى السنة مضروبة بمتوسط المخزون . ومتوسط المخزون فى السنة (هو نفسه متوسط المخزون فى كل فترة من فترات الطلبية) يحسب كمتوسط الحد الأعلى للمخزون (هذا يكون عند استلام الطلبية) والحد الأدنى للمخزون (عند استهلاك الطلبية كلها) ؛ حيث إن الحد الأدنى فى حالة عدم استخدام المخزون الأمان يساوى صفراً ، إذن يمكن التعبير عن متوسط المخزون كالآتى :

$$\text{متوسط المخزون} = \frac{\text{الحد الأعلى + الحد الأدنى}}{٢}$$

ولأن الحد الأعلى يساوى كمية الطلبية (س) والحد الأدنى يساوى صفراً (لعدم وجود مخزون الأمان) ؛ فإن متوسط المخزون (م خ) هو :

$$\text{م خ} = \frac{\text{س}}{٢}$$

ولاحتساب كلفة الاحتفاظ الكلية لنفرض أن :

كلفة الاحتفاظ بالوحدة فى السنة = ك ح = ٠,٢ دينار .

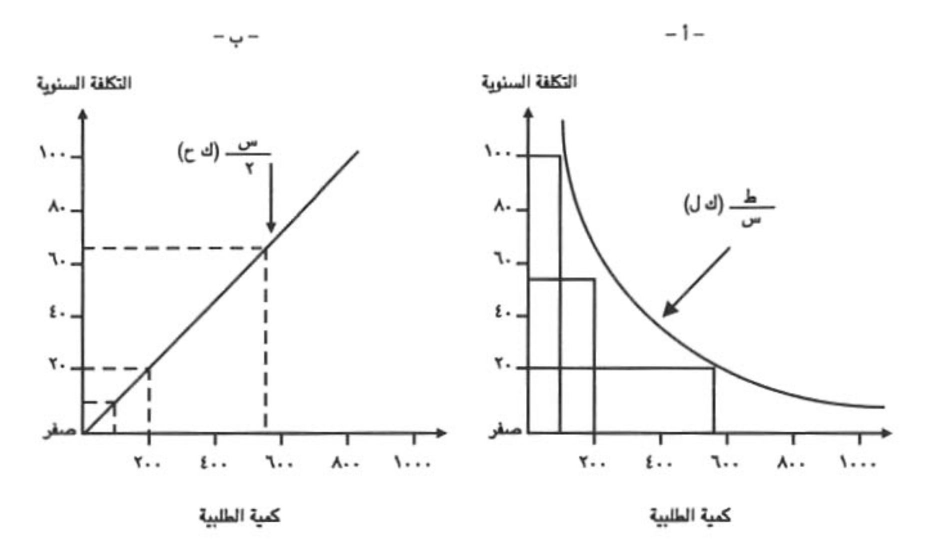
كمية الطلبية بالوحدة فى السنة = س = ٥٠٠ وحدة .

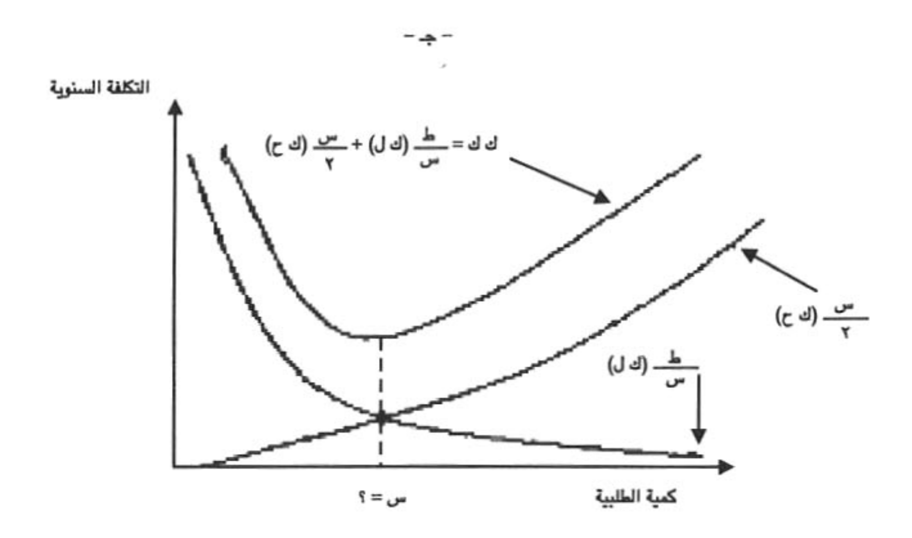
فإن كلفة الاحتفاظ الكلية هى :

$$\text{كلفة الاحتفاظ الكلية} = \frac{\text{س}}{٢} \times \text{ك ح} \quad \text{............} \quad (٨-٢)$$

$$= \frac{٥٠٠}{٢} \times ٠,٢ = ٥٠ \text{ ديناراً .}$$

الشكل رقم (٨-١) : منحنيات الكلف : (أ) كلفة الطلبية ، (ب) كلفة الاحتفاظ ، (ج) الكلفة الكلية





سوف نستخدم الرمز (س) للإشارة إلى كمية الطلبية الاقتصادية .

وإذا كانت كمية الطلبية (س) تساوى (٢٠٠) وحدة فإن :

$$\text{كلفة الاحتفاظ الكلية} = \frac{٢٠٠}{٢} \times ٠,٢ = ٢٠ \text{ ديناراً}$$

وإذا كانت كمية الطلبية (س) تساوى (١٠٠) وحدة فإن :

$$\text{كلفة الاحتفاظ الكلية} = \frac{١٠٠}{٢} \times ٠,٢ = ١٠ \text{ دينارات}$$

يمكن ملاحظة أن هناك علاقة خطية بين كمية الطلبية (س) وكلفة الاحتفاظ الكلية ، فكلما انخفضت كمية الطلبية ؛ انخفض متوسط المخزون (س \ ٢) ، وانخفضت كلفة الاحتفاظ ، والشكل رقم (٨-١-ب) يوضح هذه العلاقة .

إن الكلفة الكلية (ك ك) تمثل مجموع الكلفتين : كلفة الطلبية وكلفة الاحتفاظ ، ويمكن التعبير عن ذلك من خلال المعادلتين (٨-١) و(٨-٢) حيث :

$$\text{ك ك} = \frac{\text{ط}}{\text{س}} \times \text{ك ل} + \frac{\text{س}}{٢} \times \text{ك ح} \qquad (٨-٣)$$

عند الرسم البيانى للكلفة الكلية على أساس منحنى كلفة الطلبية ومنحنى كلفة الاحتفاظ - نجد أن منحنى الكلفة الكلية يأخذ شكل يشبه الحرف (U) ، ويمكن إثبات أن الحد الأدنى للكلفة الكلية يتحقق عند كمية الطلبية التى تتقاطع فيها كلفة الطلبية الكلية مع كلفة الاحتفاظ الكلية ، كما مبين فى الشكل (٨-١-جـ) ، أى عندما تكون كلفة الطلبية مساوية لكلفة الاحتفاظ أى :

$$\frac{\text{س}}{٢} (\text{ك ح}) = \frac{\text{ط}}{\text{س}} (\text{ك ل}) \qquad (٨-٤)$$

إن العلاقة فى المعادلة (٨-٤) يمكن حلها بإيجاد كمية الطلبية الاقتصادية (س) ، ونبدأ ذلك أولاً بنقل (ك ح) إلى الطرف الآخر من المعادلة فنحصل :

$$\frac{\text{س}}{٢} = \frac{\text{ك ل}}{\text{ك ح}} \left(\frac{\text{ط}}{\text{س}}\right)$$

ثم نضرب طرفى المعادلة فى (س) لنحصل :

$$\frac{\text{س}^{٢}}{٢} = \frac{\text{ك ل}}{\text{ك}} (\text{ط})$$

$$\text{س}^{٢} = ٢ \left(\frac{\text{ك ل}}{\text{ك ح}}\right) (\text{ط})$$

$$\text{إذن :} \quad \sqrt{\frac{٢ \text{ ط (ك ل)}}{\text{ك ح}}} \quad \text{.......... (٨-٥)}$$

إن معادلة (٨-٥) تمثل نموذج كمية الطلبية الاقتصادية ؛ حيث إن (س) تمثل كمية الطلبية الاقتصادية التى تكون عندها الكلفة الكلية المخزون هى الكلفة الأدنى . وهذه المعادلة تبين أن كمية الطلبية الاقتصادية (س) تزداد كلما زادت كلفة الطلبية (ك ل) فى البسط ، أو كلما انخفضت كلفة الاحتفاظ (ك ح) فى المقام ، ويمكن أن نحسب كمية الطلبية الاقتصادية فى مثالنا باستخدام المعادلة :

$$\text{س} = \sqrt{\frac{٢\text{ط (ك ل)}}{\text{ك ح}}} = \sqrt{\frac{٢(١٠٠٠)(١٠)}{٠,٢}}$$

$$= \sqrt{١٠٠٠٠٠} = ٣١٦,٢٣ = ٣١٦ \text{ وحدة .}$$

بتعويض بقيمة س من المعادلة (٨–٥) في معادلة (٨–٣) نحصل على أدنى تكلفة كلية . إن كمية الطلبية الاقتصادية (س) ينبغي أن تغطي استهلاك الفترة الممتدة بين استلام الطلبية الأولى واستلام الطلبية الثانية ، وهذه الفترة تعني دورة المخزون ، ولأن الذي يضع الطلبية ليس هو منتجاً أو مورداً للطلبية ؛ لذلك تكون هناك فترة معينة تمتد بين وضع الطلبية واستلامها تدعى فترة توريد لابد من أن تؤخذ بالاعتبار ، وذلك من خلال إطلاق أمر الطلبية عند مستوى من المخزون يكفي لتغطية الطلب أو الاستهلاك خلال فترة التوريد . وهذا المستوى من المخزون يدعى نقطة إعادة الطلب (Reorder Point) ، وهي النقطة التي عند وصول المخزون إليها يتم وضع طلبية جديدة على المادة بالكمية الاقتصادية (س) ؛ من أجل احتساب نقطة إعادة الطلب في المثال السابق حيث إن :

كمية الطلب السنوي = ط = ٢٤٠٠٠ وحدة .
كلفة الطلبية = ك ل = ٩٠ ديناراً .
كلفة الاحتفاظ = ك ح = ٠,٧٥ دينار .
أيام العمل في السنة = ٣٠٠ يوم .
فترة التوريد = ف = ٤ أيام .
نقطة إعادة = ن أ ط = ؟ وحدة .

لاحتساب نقطة إعادة الطلب (ن أ ط) يمكن أن نستخدم المعادلة الآتية :

$$\text{ن أ ط} = \frac{\text{ط} \times \text{ف}}{٣٠٠} \quad \text{.......... (٨–٦)}$$

$$= \frac{٢٤٠٠ \times ٤}{٣٠٠} = ٣٢٠ \text{ وحدة .}$$

ومن أجل توضيح دورة المخزون بيانياً وضمنها فترة التوريد (ف) ونقطة إعادة الطلب (ن أ ط) – نحسب كمية الطلبية الاقتصادية (س) :

$$س = \sqrt{\frac{٢ \times ٢٤٠٠ \times ٩٠}{٠,٧٥}}$$

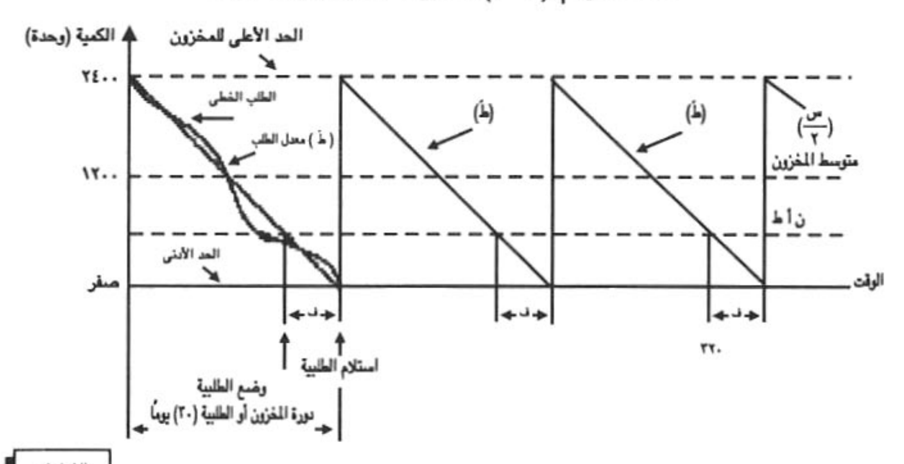
= ٢٤٠٠ وحدة .

إن الشكل (٨-٢) يوضح دورة المخـزون ؛ حـيث يمكن مـلاحظة أن الحـد الأعلى للمخزون عند بدء الدورة يساوى كمية الطلبية الاقتصادية (٢٤٠٠) وحدة ، وأن الحد الأدنى يساوى (صـفرًا) لعدم وجود مـخزون الأمان . وإن متوسط المخـزون يساوى نصف كمـيـة الطلبـيـة الاقـتـصـادية (س \٢) ، وإن نقطة إعـادة الطلب (ن أ ط) هى مستوى المخزون الذى يمكن أن يغطى الطلب خلال فترة التوريد(ف) .

كما يلاحظ أن معدل الطلب يكون ثابتًا ، وأن دورة المخزون (الطلبية) تمتد على طول فترة استهلاك الطلبية كلها ؛ حيث إن استلام الطلبية يكون وفق هذا النموذج عندما يصل مستوى المخزون إلى أدنى مستوى له أى (الصفر) ، ويمكن احتساب طول دورة المخزون وفق الصيغة الآتية :

$$\text{طول دورة المخزون} = \frac{\text{كمية الطلبية الاقتصادية}}{\text{الطلب السنوى}} = \frac{س}{ط}$$

الشكل رقم (٨-٢) : دورة المخزون ومستوياته



كما يمكن احتساب طول دورة المخزون باستخدام معدل الاستهلاك حيث :

$$\text{معدل الاستهلاك} = \frac{\text{الطلب السنوى}}{\text{عدد أيام العمل}} = \frac{٢٤٠٠}{٣٠٠} = ٨٠ \text{ وحدة / يوم}$$

$$\text{طول دورة المخزون (د خ)} = \frac{\text{كمية الطلبية الاقتصادية}}{\text{معدل الاستهلاك}}$$

وفى مثالنا فإن طول دورة المخزون تحسب :

$$\text{طول دورة المخزون} = \frac{س}{ط} = \frac{٢٤٠٠}{٢٤٠٠٠} = ٠,١ \text{ سنة}$$

ولأن عدد أيام العمل فى السنة (٣٠٠) يوم ، إذن :

طول دورة المخزون = ٠,١ × ٣٠٠ = ٣٠ يوم عمل .

٨ - ٥ - كمية الطلبية الاقتصادية مع التوريد المتماثل :

إن نموذج كمية الطلبية الاقتصادية مع التوريد المتماثل (EOQ with Uniform Supply) يمثل تطويراً للنموذج الأساسى ، ففى النموذج الذى سبق عرضه فى الفقرة السابقة كان الفرض (ب) أن توريد الطلبية يتم دفعة واحدة ، ولكن الأمر يختلف فى الكثير من الحالات ، فقد يميل التوريد إلى أن يكون تدريجيًا بدلاً من فورى كما هو الحال فى حالة مخزون السلع المنتجة التى ينتجها المصنع نفسه ؛ حيث فى مثل هذه الحالة يتم التوريد بمعدل متماثل هو معدل الإنتاج ، فإذا كان التوريد (معدل الإنتاج) بنفس معدل الطلب (وهذه هى الحالة المثالية) فلن يكون هناك مخزون والمخرجات تستخدم بشكل فورى ، والشكل (٨-٥-أ) يوضح هذه الحالة . والواقع أن هذه الحالة تعتبر مثالية ؛ لأنها تتجاوز تكوين المخزون وهى تدخل ضمن الاتجاه الثانى الذى سبق الإشارة إليه والمتمثل فى إلغاء المخزون وتحقيق المخزون الصفرى .

إن الشكل (٨-٣-أ) يوضح أن الطلبية ستكون صغيرة ، أو ما يمكن أن يدعى الطلبية المصغرة (Order Mini) : لأن التوريد يتم بمعدل مساوٍ للطلب ؛ مما يجعل الحاجة إلى طلبية تغطى أقصر فترة ممكنة قد تكون يومًا واحداً ضرورية ، وبالتالى فإن استلام الطلبية فى بداية يوم العمل يتم استهلاكه بالتدريج خلال نفس اليوم الذى سيمثل دورة طلبية مصغرة ، كما أن هذه الحالة المثالية تفترض عدم وجود فترة التوريد (كما فى حالة المخزن الذى يطلب ويكون فى المصنع الذى ينتج) ، وبالتالى لاتكون هناك نقطة إعادة الطلب لعدم وجود فترة التوريد .

ومع ذلك فإن أغلب الحالات النمطية لا تقوم على هذا الأساس ، وتعتبر المخزون ضروريًا من أجل مواجهة التغيرات المتوقعة وغير المتوقعة ، وضمان مستوى الخدمة الضرورى لحماية السمعة وعدم خسارة الطلبيات وغيرها ؛ لهذا يكون الميل إلى جعل معدل التوريد (الإنتاج) أكبر من معدل الطلب واستخدام الفرق بين المعدلين خلال فترة معينة (هى فترة التوريد) للوصول إلى الحد الأعلى المخزون ليتوقف بعدها التوريد ويستمر الطلب (الاستهلاك) لحين الوصول إلى النفاد (الصفر) الحافة الأولى لفترة التوريد وتتكرر الدورة من جديد ، أى التوريد بمعدل أكبر من الطلب للوصول إلى الحد الأعلى للمخزون . والشكل (٨-٣-ب) يوضح تراكم المخزون فى حالة معدل التوريد يفوق معدل الطلب (الاستهلاك) ، أما الشكل (٨-٣-جـ) فإنه يوضح نموذج كمية الطلبية الاقتصادية مع التوريد المتماثل والذى يدعى أيضًا نموذج كمية الطلبية الاقتصادية مع عدم التوريد الفورى . وسنقدم إلى جانب التمثيل المعالجة الرياضية لهذا النموذج .

إن الملاحظة المهمة من الشكل (٨-٣-جـ) هى أن المخزون الأعلى (خ أعلى) يتكون ويتراكم خلال فترة التوريد من الفرق بين معدل (م ج) ومعدل الطلب (طَ) فإذا فرضنا أن :

م ج = معدل التوريد(الإنتاج) .

طَ = معدل الطلب .

ف = فترة توريد الإنتاج (دورة الإنتاج) .

د خ = طول دورة المخزون (الطلبية) .

يمكن أن نحدد مستوى المخزون الأعلى (خ أعلى) بالصيغة الآتية :

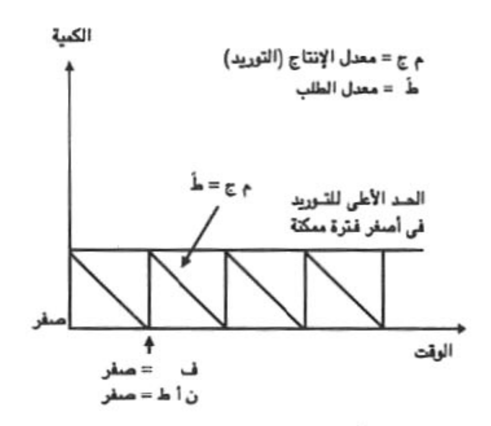
مستوى الأعلى = (م ج - طَ) ف .... (٨-٧)

ولما كانت كمية التوريد تساوى كمية الطلبية فى كل دورة من دورات المخزون (الطلبية) ، إذن :

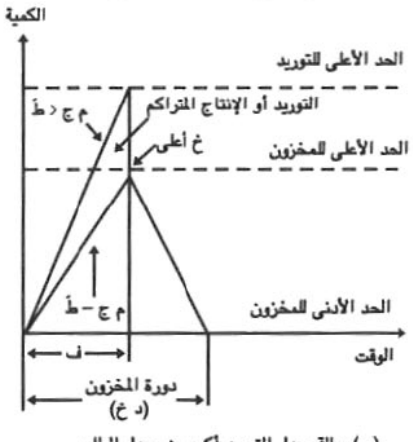
م ج × ف = طَ × دخ

$$ف = \frac{طَ \times د\ خ}{م\ ج} \qquad (٨-٨)$$

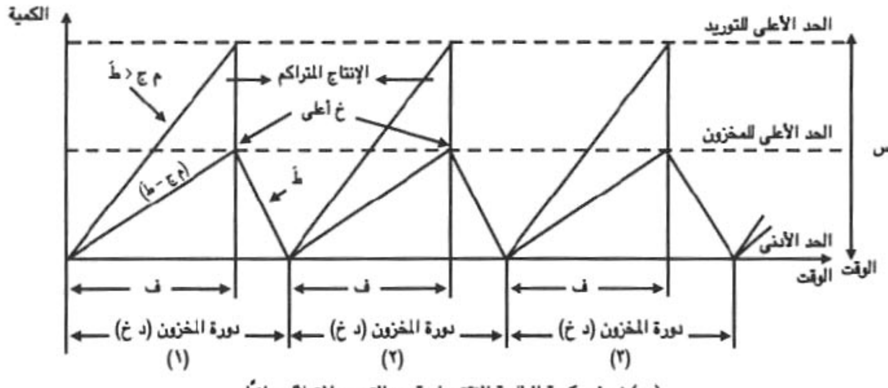
الشكل رقم (٨-٣) : كمية الطلبية الاقتصادية مع حالات التوريد



(أ) الحالة المثالية : المخزون صفر



(ب) حالة معدل التوريد أكبر من معدل الطلب



(جـ) نموذج كمية الطلبية الاقتصادية مع التوريد المتماثل بيانياً

يلاحظ فى الحالة (أ) أن معدل الإنتاج يساوى معدل الطلب فى اليوم ، وهذه حالة مثالية وفق أسلوب من اليد إلى الفم ، فلا يتكون ويتراكم المخزون ، وهذا ما يسعى إلى تحقيقه نظام الوقت المحدد (JIT) الذى سنعرض له فى الفصل العاشر ، وفى الحالة (ب) فإن معدل التوريد أو الإنتاج (م ج) يفوق معدل الطلب (طَ) ، وما يزيد يتراكم للوصول إلى مستوى المخزون الأعلى (خ أعلى) وعند الوصول إلى هذا المستوى يتوقف التوريد ، ويتم إيفاء الطلب اللاحق من المخزون المتراكم ، وعند انخفاض المخزون ووصوله إلى الصفر تبدأ دورة مخزون جديدة ، ويمكن أن نلاحظ أيضًا أن كمية الطلبية الاقتصادية تتساوى مع الكمية التى سيتم توريدها وليس مع مستوى المخزون الأعلى .

ويمكن أن نعيد كتابة المعادلة (٨-٨) لاحتساب (د خ) :

$$\text{د خ} = \frac{\text{م ج} \times \text{ف}}{\text{طَ}} = \frac{\text{س}}{\text{طَ}}$$

وبالتعويض عن (د خ) بالمعادلة (٨-٨) نحصل على :

$$\text{ف} = \frac{\text{طَ}}{\text{م ج}} \left(\frac{\text{س}}{\text{ط}}\right) = \frac{\text{س}}{\text{م ج}}$$

وحسب المعادلة (٨-٧) :

مستوى المخزون الأعلى (خ أعلى) = (م ج - ط) ف

= (م ج - ط) س \ م ج

(خ أعلى) = س ١ - ط\ م ج) .... (٨-٩)

ولاستكمال التحليل ؛ فإن عدم التوريد الفورى (التوريد المتماثل بشكل تدريجى) لا يؤثر على كلفة الطلبية (لعدم ارتباطها بمستوى المخزون الأعلى) ، ولكنه يؤثر على كلفة الاحتفاظ فتصبح :

$$\text{كلفة الاحتفاظ الكلية} = \frac{\text{س}}{٢}\left(١ - \frac{\text{ط}}{\text{م ج}}\right)(\text{ك ح}) \quad \text{............ (٨-١٠)}$$

وإن كلفة المخزون الكلية تصبح :

$$(\text{كلفة المخزون الكلية}) = \frac{\text{ط}}{\text{س}}\,(\text{ك ل}) + \frac{\text{س}}{٢}\left(١ - \frac{\text{طَ}}{\text{م ج}}\right)\text{ك ح} \quad \text{.................. (٨-١١)}$$

وباستخدام حساب التفاضل ؛ يمكن التوصل إلى أن كمية الطلبية الاقتصادية (أو كمية وجبة الإنتاج) :

$$\text{س} = \sqrt{\frac{٢\ \text{ط}\ (\text{ك ل})}{\text{ك ح}\left(١ - \frac{\text{طَ}}{\text{م ج}}\right)}} \quad \text{.................. (٨-١٢)}$$

ويمكن أن تكتب أيضًا على الصورة التالية :

$$\text{س} = \sqrt{\frac{٢\ \text{ط}\ (\text{ك ل})}{\text{ك ح}}\left(\frac{\text{م ج}}{\text{م ج} - \text{طَ}}\right)} \quad \text{.................. (٨-١٣)}$$

ولنأخذ مثالاً للتطبيق ؛ حيث لدينا المعلومات الآتية :

الطلب السنوى = ط = ٩٠٠٠٠ وحدة .

كلفة الطلبية = ك ل = ٥٠ ديناراً .

كلفة الاحتفاظ = ك ح = (١) دينار للوحدة / سنة .

معدل التوريد أو الإنتاج = م ج = ٦٠٠ وحدة .

أيام العمل فى السنة = ٢٠٠ يوم .

مع افتراض أن التوريد منتظم تدريجى غير فورى .

نحسب أولاً كمية الطلبية الاقتصادية (س) باستخدام المعادلة (٨-١٢) وحيث إن :

$$\text{طَ} = \frac{٩٠٠٠٠}{٢٠٠} = ٤٥٠ \ \text{وحدة .}$$

$$س = \sqrt{\frac{٢\,(٩٠٠٠٠)\,(٥٠)}{١\,(١ - \frac{٤٥٠}{٦٠٠})}}$$

$$= \sqrt{\frac{٩٠٠٠٠٠٠}{٠,٢٥}} = ٦٠٠٠ \text{ وحدة .}$$

ويمكن احتساب (س) باستخدام المعادلة (٨-١٣) :

$$س = \sqrt{\frac{٢\,(٩٠٠٠٠)\,(٥٠)}{١}\left(\frac{٦٠٠}{٦٠٠ - ٣٠٠}\right)}$$

$$= \sqrt{٣٦٠٠٠٠٠٠} = ٦٠٠٠ \text{ وحدة .}$$

نحسب ثانياً الكلفة الكلية للمخزون :

$$\text{الكلفة الكلية للمخزون} = \frac{ط}{س}\,(ك\,ل) + \frac{س}{٢}\,(١ - \frac{طَ}{م\,ج})\,(ك\,ح)$$

$$= \frac{٩٠٠٠٠}{٦٠٠٠}\,(٥٠) + \frac{٦٠٠٠}{٢}\,(١ - \frac{٤٥٠}{٦٠٠})\,(١)$$

$$= ٧٥٠ + ٧٥٠ = ١٥٠٠ \text{ دينار .}$$

ويمكن احتساب الكلفة الكلية للمخزون وفق الصيغة الآتية :

$$\text{الكلفة الكلية للمخزون} = \frac{(م\,ج - طَ)\,(ك\,ح)\,(س)}{م\,ج}$$

$$= \frac{(٦٠٠ - ٤٥٠)\ (١)\ (٦٠٠٠)}{٦٠٠}$$

= ١٥٠٠ دينار .

نحسب ثالثًا فترة دورة المخزون (د خ) :

$$د\ خ = \frac{س}{طً} = \frac{٦٠٠٠}{٤٥٠} = ١٣,٣\ \text{يوم}\ .$$

نحسب رابعًا فترة التوريد (ف) :

$$ف = \frac{س}{م\ ج} = \frac{٦٠٠٠}{٦٠٠} = ١٠\ \text{أيام}\ .$$

٨-٦ - كمية الطلبية الاقتصادية مع الطلبيات المؤجلة :

فى هذه الفقرة سيتم تعديل فرض أو محدد آخر يتعلق بالنقص غير مسموح ، أى أن المخزون موجود لإيفاء بالطلبيات ولا يحدث نفاد المخزون ولا يسمح بالطلبيات المؤجلة . والطلبيات المؤجلة هى الطلبيات التى تظهر عندما ينخفض المخزون إلى الصفر (نفاد المخزون) وتتم تلبيتها عند استلام الطلبية الجديدة ، وهذه الحالة تحدث عندما تكون كلفة الاحتفاظ عالية ؛ مما يجعل الاحتفاظ بالمخزون مكلفًا وإن الطلبيات التى تأتى فى فترة نفاد المخزون لن نفقدها ، وإنما ستؤجل لحين استلام الطلبية الجديدة ليتم الايفاء بها : لهذا يمكن اعتبار الطلبيات المؤجلة بمثابة خزين سالب يدفع عند استلام الطلبية .

ومن جهة أخرى ، فإن نفاد المخزون يشير إلى مستوى خدمة أدنى من الحالة الأخرى التى لا يسمح فيها النفاد بالمخزون ؛ لهذا فإن النقص المسموح لابد من أن تترافق معه كلفة النقص التى تضاف إلى كلفة الطلبية والاحتفاظ للحصول على الكلفة الكلية ، وهذه

الكلفة يمكن قبولها فى النموذج الذى سنعرضه على افتراض أن كلفة الاحتفاظ بالمخزون عالية جداً ؛ بحيث تجعل من غير الممكن قبول عدم نفاد المخزون (أى لا نقص مسموح) ولتحديد كمية الطلبية الاقتصادية مع كمية الطلبيات المؤجلة نفرض أن :

س = كمية الطلبية .

ك ل = كلفة الطلبية .

ك ح = كلفة الاحتفاظ .

ك ن = كلفة النقص (الجزاء) بسبب الطلبية المؤجلة للوحدة الواحدة فى السنة .

ف ٢ = الفترة من نفاد المخزون وحتى استلام الطلبية اللاحقة (فترة تراكم الطلبيات المؤجلة) .

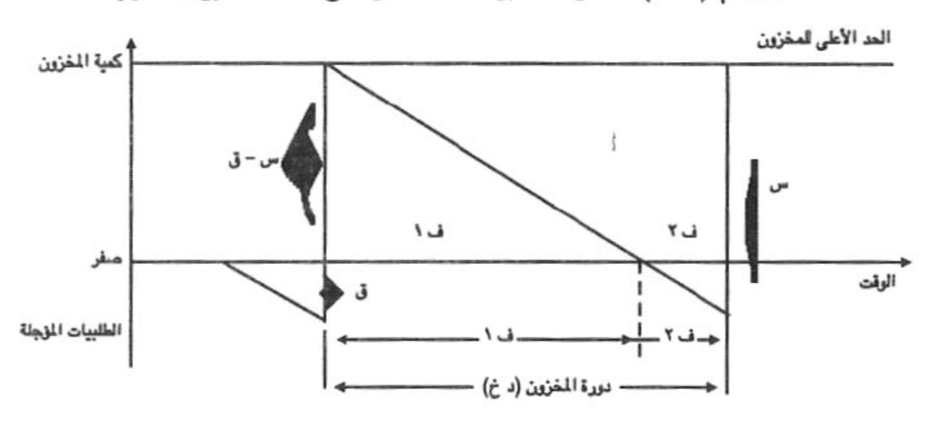
ف ١ = الفترة من استلام الطلبية حتى نفادها (نفاد المخزون) .

ق = مقدار أو كمية النقص (الطلبيات الموجلة) خلال الفترة (ف٢)

س – ق = المقدار المتبقى من كمية الطلبية بعد الإيفاء بالطلبيات المؤجلة أو كمية النقص .

إن الشكل (٨–٤) يوضح هذا النموذج ؛ حيث إن هذا النموذج يقوم على تراكم الطلبيات المؤجلة بعد نفاد المخزون حتى تصل إلى أدنى نقطة لها عند الكمية (ق) ، وهذه الكمية تمثل مجموع الطلبيات المؤجلة (يمكن أن نسميه المخزون السالب والذى يحدث فى حالة نفاد المخزون) التى يجب الإيفاء بها عند استلام الطلبية اللاحقة ، والتى تتكون خلال الفترة (ف٢) ، ويكون مستوى المخزون الأعلى فى هذه الحالة مساوياً لكمية الطلبية مطروحاً منها مقدار الطلبيات المؤجلة (ق) ، ومتوسط المخزون (م خ) خلال دورة المخزون (الطلبية) المكونة من (ف١ + ف٢) ، يمكن التعبير عنه بالصيغة الآتية :

الشكل رقم (٨-٤) : كمية الطلبية الاقتصادية فى حالة الطلبيات المؤجلة



$$= \frac{\frac{1}{2}(\text{س} - \text{ق})\,\text{ف}_1}{\text{ف}_1 + \text{ف}_2} \quad \text{.......... (٨-١٤)}$$

وحيث إن دورة المخزون (ف١+ف٢) تساوى كمية الطلبية على معدل الطلب ، أى (س \طَ) ، وحيث إن (ف١) تساوى (س - ق)\طَ ؛ لذا فإن متوسط المخزون (م خ) فى المعادلة (٨-١٤) يمكن أن يصبح بالتعويض :

$$\text{م خ} = \frac{\frac{1}{2}(\text{س} - \text{ق})\ \frac{(\text{س} - \text{ق})}{\text{طَ}}}{\frac{\text{س}}{\text{طَ}}}$$

ويمكن اختصار المعادلة إلى :

$$\text{م خ} = \frac{(\text{س} - \text{ق})^2}{2\text{س}} \quad \text{.......... (٨-١٥)}$$

وبنفس الطريقة يمكن التوصل إلى متوسط النقص (م ن) خلال الفترة (ف١ +ف٢) (وهو نفسه خلال السنة) ويمكن التعبير عنه كالآتى :

$$م\ ن = \frac{\left(\frac{ق}{٢}\right) ف٢}{(ف١ + ف٢)} \quad (٨-١٦)$$

مرة أخرى فإن دورة المخزون (الطلبية) ، أى (ف١+ ف٢) تساوى (س\ طَ) ، وحيث إن (ف٢) تساوى (ق\طَ) ؛ لذا فإن متوسط النقص (م ن) بالتعويض والاختصار يصبح :

$$م\ ن = \frac{ق^{٢}}{٢س} \quad (٨-١٧)$$

إن الكلفة الكلية السنوية للمخزون فى هذا النموذج تحسب بدلالة كلفة الطلبية (ك ل) وهى نفسها ، وكلفة الاحتفاظ (ك ح) وهى أقل منها فى النموذج الأساسى ؛ لأن متوسط المخزون فى النموذج الحالى أقل ، زائداً كلفة النقص (ك ن) وبالتالى فإن الكلفة الكلية السنوية تكون :

الكلفة الكلية للمخزون = كلفة الطلبية + كلفة الاحتفاظ + كلفة النقص .

إن احتساب كلفة الاحتفاظ (ك ح) تكون بالاعتماد على متوسط المخزون الذى سبق التعبير عنه فى المعادلة (٨-١٥) ؛ لهذا يمكن التعبير عن كلفة الاحتفاظ بالمعادلة الآتية :

$$كلفة\ الاحتفاظ\ الكلية = ك\ ح \left\{ \frac{(س - ق)^{٢}}{٢س} \right\} \quad (٨-١٨)$$

وعندما ينفد المخزون تظهر كلفة النقص بسبب الجزاءات المفروضة أو المبيعات الضائعة (كلفة الفرصة البديلة الضائعة أو كلفة إعادة الطلبية) ، ومع أنه ليس من السهل تقدير كلفة النقص ؛ حيث إن الطلبيات قد تؤجل ولا تفقد نهائياً إضافة إلى أنها

تشمل الخسارة فى السمعة وكلفًا أخرى ، إلا أنه من جهة أخرى يمكن تقديرها من خلال الخصم الذى يمنح من يقبل بتأجيل الطلبية أو فى ضوء خبرة وتقدير الإدارة ، وبفعل أن كلفة النقص الكلية تعتمد على كلفة النقص للوحدة (ك ن) وعلى متوسط المخزون (م خ) الذى سبق تحديده فى المعادلة (٨-١٦) ؛ لذا يمكن التعبير عن كلفة النقص الكلية كالآتى :

$$\text{كلفة النقص الكلية} = \text{ك ن} \left(\frac{\text{ق}^{٢}}{\text{٢ س}}\right) \quad \text{(٨-١٩)}$$

توضع الكلف الثلاث (كلفة الطلبية وكلفة الاحتفاظ وكلفة النقص) مع بعضها بصيغة الجمع ؛ فنحصل على الكلفة الكلية السنوية للمخزون كالآتى :

$$\text{التكلفة الكلية للمخزون} = \text{ك ل} \left(\frac{\text{ط}}{\text{س}}\right) + \text{ك ح} \left\{\frac{(\text{س} - \text{ق})^{٢}}{\text{٢س}}\right\} + \text{ك ن} \left(\frac{\text{ق}^{٢}}{\text{٢س}}\right) \quad \text{(٨-٢٠)}$$

وبدون التوسع فى الاشتقاق ؛ فإن كمية الطلبية الاقتصادية (س) وكمية الطلبيات المؤجلة المثلى (ق) (Optimal Backorder Quantity) يمكن التعبير عنهما :

$$\text{س} = \sqrt{\left\{\frac{\text{٢ (ط) (ك ل)}}{\text{ك ح}} \left(\frac{\text{ك ح + ك ن}}{\text{ك ن}}\right)\right\}} \quad \text{(٨-٢١)}$$

$$\text{ق} = \text{س} \left(\frac{\text{ك ح}}{\text{ك ح + ك ن}}\right) \quad \text{(٨-٢٢)}$$

و لنأخذ مثالاً يوضح استخدام النموذج ، و لنفرض أن :

الطلب السنوى = ط = ١٥٠٠٠ وحدة .

كلفة الطلبية = ك ل = ٤٠ دينار / طلبية واحدة .

كلفة الاحتفاظ = ك ح = ٥ دينار / وحدة / سنة .

كلفة النقص = ك ن = ١٠ دينار/وحدة / سنة .

نحسب أولاً كمية الطلبية الاقتصادية (س)

$$س = \sqrt{\frac{٢\,(١٥٠٠٠)\,(٤٠)}{٥}\left(\frac{٥ + ١٠}{١٠}\right)}$$

$$\sqrt{٣٦٠٠٠٠} = ٦٠٠ \text{ وحدة}$$

ثم نحسب كمية الطلبيات المؤجلة المثلى (كمية النقص) (ق) :

$$ق = ٦٠٠ \left(\frac{٥}{٥ + ١٠}\right) = ٢٠٠ \text{ وحدة .}$$

إذن قيمة (س – ق) تساوى ٤٠٠ وحدة .

ولاحتساب الكلفة الكلية السنوية للمخزون نبدأ بكلفة الطلبية :

$$\text{كلفة الطلبية الكلية} = \frac{١٥٠٠٠}{٦٠٠}(٤٠) = ١٠٠٠٠$$

ثم كلفة الاحتفاظ باستخدام المعادلة (٨–١٧) :

$$\text{كلفة الاحتفاظ الكلية} = (٥)\left[\frac{(٦٠٠ - ٢٠٠)^{٢}}{٢\,(٦٠٠)}\right] = ٦٦٦,٦٧ \text{ دينار .}$$

ثم كلفة النقص (الطلبيات المؤجلة) باستخدام المعادلة (٨–١٨) :

$$\text{كلفة النقص الكلية} = ١٠\left[\frac{(٢٠٠)^{٢}}{٢(٦٠٠)}\right] = ٣٣٣,٣٣ \text{ دينار .}$$

الكلفة الكلية للمخزون = ١٠٠٠ + (٦٦٦,٦٧ + ٣٣٣,٣٣)

= ١٠٠٠ + ١٠٠٠ = ٢٠٠٠ دينار .

وهناك صيغة أخرى لاحتساب الكلفة الكلية للمخزون وهى :

$$\text{الكلفة الكلية للمخزون} = \sqrt{\text{٢ (ك د) (ك ح) (ط)} \times \left(\frac{\text{ك ن}}{\text{ك ح + ك ن}}\right)}$$

وفى مثالنا :

$$\text{الكلفة الكلية للمخزون} = \sqrt{\text{٢ (٤٠) (٥) (١٥٠٠٠)} \times \left(\frac{\text{١٠}}{\text{٥ + ١٠}}\right)}$$

$$= \text{٢٠٠٠ دينار .}$$

وعلى سبيل المقارنة فإن كمية الطلبية الاقتصادية باستخدام النموذج الأساسى لكمية الطلبية الاقتصادية هى :

$$\text{س} = \sqrt{\frac{\text{٢ (١٥٠٠٠) (٤٠)}}{\text{٥}}} = \text{٤٩٠ وحدة .}$$

وإن الكلفة الكلية للمخزون عند هذه الكمية هى :

$$\text{الكلفة الكلية للمخزون} = \frac{\text{١٥٠٠٠}}{\text{٤٩٠}}\text{(٤٠)} + \frac{\text{٤٩٠}}{\text{٢}}\text{(٥)}$$

$$= \text{١٢٢٥ + ١٢٢٥ = ٢٤٥٠ ديناراً .}$$

يلاحظ أن الكلفة الكلية فى النموذج مع الطلبيات المؤجلة (٢٠٠٠) دينار هى الأدنى ، كما يمكن أن نحسب فى هذا النموذج عدد الطلبيات (د) باستخدام المعادلة الآتية :

$$= \sqrt{\frac{\text{ط (ك ح)}}{\text{٢ ك ل}}\left(\frac{\text{ك ن}}{\text{ك ح + ك ن}}\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{\text{١٥٠٠٠ (٥)}}{\text{٢ (٤٠)}}\left(\frac{\text{١٠}}{\text{٥ + ١٠}}\right)} = \text{٢٥ طلبية .}$$

٨-٧- كمية الطلبية الاقتصادية مع خصم الكمية :

فى النموذج الأساسى لكمية الطلبية الاقتصادية لم نأخذ كلفة الشراء ولا السعر فى احتساب الكلفة الكلية للمخزون ؛ لأن السعر ثابت كما أن الطلب السنوى ثابت ؛ لهذا تكون كلفة شراء المخزون ثابتة أيضًا ، ولكن مثل هذه الافتراضات ليست هى الحالة الطبيعية فى أكثر الأحيان ؛ حيث إن أغلب منظمات الأعمال تستخدم الخصم كحافز من أجل شراء كمية أكبر ، أى العمل على زيادة الطلبية ؛ من أجل الوصول إلى الكمية التى يمنح المورد عندها الخصم .

إن نموذج كمية الطلبية الاقتصادية مع خصم الكمية يستند من الناحية المنطقية إلى احتساب كمية الطلبية المثلى فى ضوء المقارنة ما بين الكلف المختلفة لكميات الطلبية فى حالة عدم الاستفادة من الخصم والحالات الأخرى التى تتم فيها الاستفادة من أى فئة من فئات الخصم ، ومن الواضح أن خصم الكمية يؤثر على كلفة الشراء ؛ لأن الخصم يظهر فى السعر ، وعلى كلفة الاحتفاظ أيضًا ، فخصم الكمية هو عبارة عن تخفيض فى السعر يستفيد منه المورد من أجل البيع بكميات أكبر ، كما تستفيد منه الجهة المشترية لتخفض الكلفة الكلية للمخزون ، وإذا كان خصم الكمية عند استخدامه ينعكس بصيغة تخفيض فى كلفة الشراء ؛ فإنه يؤدى أيضًا إلى تخفيض كلفة الطلبيات السنوية (لأن كمية الطلبية كلما زادت أدى ذلك إلى خفض عدد الطلبيات ؛ مما يؤدى بدوره إلى خفض كلفة الطلبيات السنوية) ، وفى المقابل فإن زيادة كمية الطلبية للاستفادة من الخصم ستؤدى إلى زيادة فى كلفة الاحتفاظ ؛ لأنها ذات علاقة طردية مع كمية الطلبية ؛ لهذا يكون من الضرورى إجراء المقارنة بين الكلف الكلية للمخزون فى حالات عدم الاستفادة وحالات الاستفادة من الخصم ، وأن كمية الطلبية المثلى هى تؤدى إلى الكلفة الكلية الأدنى للمخزون والمثال رقم (٨-١) يوضح هذا النموذج وخطواته الأساسية .

مثال (٨-١) :

تحتاج الورشة الفنية لصناعة الصفائح إلى ٦٠ لوحًا معدنيًا فى الشهر . وكان المورد يمنح خصم كمية وهى كالآتى :

الكمية	السعر
١–٦٠ لوحًا	٢٢ دينارًا
٦١–١٢٠ لوحًا	٢١ دينارًا
أكثر من ١٢٠ لوحًا	٢٠ دينارًا

وكانت كلفة الطلبية (٧٠) دينارًا وكلفة الاحتفاظ (٠.٣) دينار لكل دينار مستثمر في المخزون .

المطلوب : تحديد كمية الطلبية المثلى والكلفة السنوية الكلية .

الحـــل : نفرض أن كمية الطلبية (س) ؛ لذا فإن مدى الكميات عند الأسعار الثلاثة هي :

عند السعـر الأول (٢٢) دينارًا فإن الكمية (س١) تكون ١ س١ ٦٠

عند السعر الثانى (٢١) دينارًا فإن الكمية (س٢) تكون ٦١ س٢ ١٢٠

عند السعر الثالث (٢٠) دينارًا فإن الكمية (س٣) تكون س٣ ١٢١

١ – نحسب كمية الطلبية (س) مع البدء بالسعر الأقل (عند السعر الثالث ٢٠دينارًا) :

الطلب السنوى = ٦٠ X ١٢ = ٧٢٠ لوحًا .

$$س_{٣} = \sqrt{\frac{٢\,(٧٢٠)\,(٢٠)}{٠,٣ \times ٢٠}} = ٨٤,٨ = ٨٥ \text{ لوحًا .}$$

هذه الكميـة غير مجدية ؛ لأنها لا تقع ضمن المدى الذى يمكن الحصـول فيه على سعر الخصم (٢٠) دينارًا ، وحيث إن س٣ × ١٢١ لوحًا ؛ لهذا نأخذ السعـر اللاحق (٢١) ونحسب كمية الطلبية :

$$س_{٢} = \sqrt{\frac{٢\,(٧٢٠)\,(٣٠)}{٠,٣ \times ٢١}} = ٨٢,٨ = ٨٣ \text{ لوحًا .}$$

وهذه الكميـة مـجدية ؛ لأنـها تقع ضـمن مدى الكميـة لسعـر الخصم الثـانى (٢١) دينارًا من ٦١–١٢٠ لوحًا .

٢ - نحسب الكلفة الكلية عند كمية الطلبية (٨٣) لوحًا ، ومن ثم مقارنتها بالكلفة الكلية لكمية الطلبية الأدنى الضرورية للحصول على سعر الخصم الأدنى (٢٠) ديناراً :

ك ك عند س٢ = (٧٢٠ × ٢١) + $\frac{٧٢٠}{٨٣}$ (٣٠) + $\frac{٨٣}{٢}$ (٠,٣ × ٢١)

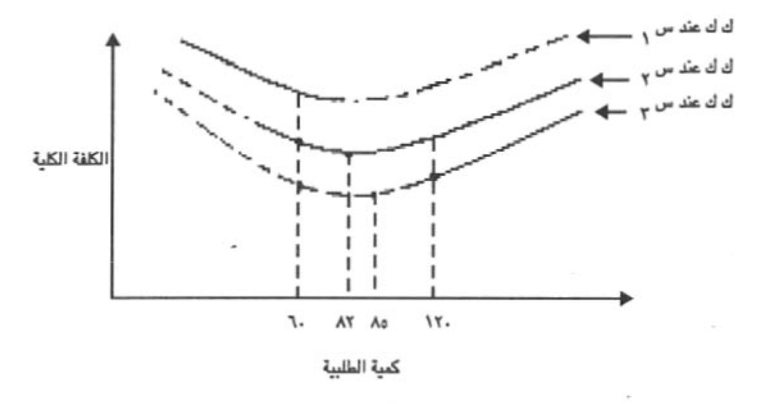
= ١٥١٢٠ + ٢٦٠,٢ + ٢٦١,٥ = ١٥٦٤١,٧ دينار .

ك ك عند س٣ = (٧٢٠ × ٢٠) + $\frac{٧٢٠}{١٢١}$ (٣٠) + $\frac{١٢١}{٢}$ (٠,٣ × ٢٠)

= ١٤٤٠٠ + ١٧٨,٥ + ٣٦٠ = ١٤٩٣٨,٥ دينار .

يلاحظ أن الكلفة الكلية عند كمية الطلبية (س٢) هى أكبر من الكلفة الكلية عند (س٣) ، حيث سعر الخصم الأدنى (٢٠) ديناراً ؛ لهذا فإن كمية الطلبية المثلى هى (١٢١) والكلفة الكلية هى ١٤٩٣٨,٥ دينار .

٣ - نرسم بيانياً الكلفة الكلية وكميات الطلبية عند سعر الخصم فى الحالات الثلاث .



من خلال هذا المثال يمكن توصيف خطوات نموذج كمية الطلبية الاقتصادية مع الخصم وهى كالآتى :

١- احتساب كمية الطلبية الاقتصادية عند سعر الخصم الأقل ، فإذا كانت هذه الكمية عند مدى الكميات المشمولة بسعر الخصم ؛ فإنها فى هذه الحالة تعتبر كمية

الطلبية المجدية ، أما إذا كانت خارج هذا المدى فإنها تكون غير مجدية لعدم إمكانية الحصول بها على سعر الخصم الأقل ؛ لهذا نأخذ سعر الخصم اللاحق ونحسب كمية الطلبية الاقتصادية ، فإذا كانت غير مجدية أيضًا نأخذ سعر الخصم اللاحق . أما إذا كانت الكمية مجدية ، أى ضمن مدى الكميات المشمولة بسعر الخصم ؛ فإنها تكون فى هذه الحالة هى كمية الطلبية المجدية .

٢- احتساب الكلفة عند كمية الطلبية المجدية التى تم التوصل إليها فى الخطوة الأولى ، ومن ثم نحسب الكلفة الكلية لكمية الطلبية الأدنى التى تحصل على سعر الخصم الأقل . بعدئذ نقارن الكلفتين فإذا كانت الكلفة عند كمية الطلبية المجدية هى الأقل تكون هذه الكمية هى كمية الطلبية المثلى . أما إذا كانت الكلفة الكلية عند الكمية الأدنى التى تحصل على سعر الخصم الأقل هى الأقل ؛ فإنها تكون هى كمية الطلبية المثلى .

٣- القيام بالرسم البيانى لمنحنيات الكلف الكلية مع ملاحظة أن المنحنيات لا تتقطع ؛ لأن أمداء الكمية لا تتداخل ، وسيكون هناك منحنى واحد من المنحنيات له كمية طلبية اقتصادية تقع ضمن مدى الكميات المجدى ، وقد تكون هذه الكمية هى المجدية أو لا تكون كما أوضحنا فى الخطوة الثانية .

٨-٨- تحليل الحساسية :

إن نموذج كمية الطلبية الاقتصادية (EOQ) يمثل وصفًا منطقيًا للعلاقات بين معاليم القرار وهى الطلب ، كلفة الطلبية ، كلفة الاحتفاظ ، وكمية الطلبية ، والعوامل الثلاثة الأولى عادة ما يتم تقديرها على أساس الخبرة ، وفى أحسن الأحوال على أساس البيانات التاريخية (تجربة الماضى) ؛ مما يجعلها عرضة للخطأ ، وبالتالى التأثير فى كمية الطلبية الاقتصادية والكلفة الكلية للمخزون ، وتحليل الحساسية يتناول تأثير الخطأ أو التغير فى معاليم القرار على الكلفة الكلية المحسوبة على أساس كمية الطلبية الاقتصادية باستخدام القيم القديمة (المتضمنة للخطأ أو التقدير السابق على التغير) .

يلاحظ على الكلفة الكلية للمخزون التى تحسب على أساس هذا النموذج أنها غير حساسة للتغيرات أو الأخطاء الحاصلة فى التقدير ، فمثلاً كمية الطلبية الاقتصادية التى تتغير بأقل من (-٢٠٪) إلى (+ ٣٠٪) عن القيمة الحقيقية يكون مدى التغير فى الكلفة الكلية فى حدود (+٥٪) ، وهذا يعنى أن خطأ مقداره (١٠٠٪) فى كلف الطلبية أو الاحتفاظ سيكون تأثيره فى أسوأ الأحوال محدوداً ، (٢٥٪) زيادة فى كلفة المخزون ، وهذا يعود إلى طريقة احتساب الكمية الاقتصادية للطلبية حيث الأخطاء يخفض بعضها البعض الآخر ، أى أن الزيادة فى كلفة الاحتفاظ (بفعل تصحيح الخطأ أو التقدير) ستؤثر على كمية الطلبية الاقتصادية وتخفيضها ، وانخفاض الكمية سيؤدى بدوره إلى زيادة الكلفة الكلية للطلبيات وانخفاض الكلفة الكلية للاحتفاظ . والواقع أن هذا هو التخفيف الأول للأخطاء الحاصلة فى التقدير ، فى حين يمثل أخذ الجذر التربيعى فى النموذج والذى يقلل من تأثير خطأ التخفيف الثانى .

ولتوضيح ذلك لنفرض أن تقديرات مدير المخازن كانت كالآتى :

الطلب السنوى = ط = ٤٠٠ وحدة .

كلفة الطلبية = ك ل = ٢٥ دينار / طلبية .

كلفة الاحتفاظ = ك ح = ٢ دينار/ وحدة / سنة .

إذن

$$\text{س} = \sqrt{\frac{٢\,(٤٠٠)\,(٢٥)}{٢}} = ١٠٠ \text{ وحدة .}$$

$$\text{الكلفة الكلية للمخزون} = \frac{٤٠٠}{١٠٠}(٢٥) + \frac{١٠٠}{٢}(٢) = ١٠٠ \text{ دينار .}$$

لنفرض أن مدير المخازن أخطأ فى حساب (س) ، وبدلاً من أن يضع الطلبية بمقدار (١٠٠) وحدة وضعها فى الحالة الأولى (١٢٥) وحدة ، وفى الحالة الثانية (١٥٠) وحدة لنلاحظ تأثير ذلك على الكلفة الكلية (ك ك) :

الكلفة الكلية عند (١٢٥) وحدة = $\frac{٤٠٠}{١٢٥}$ (٢٥) + $\frac{١٢٥}{٢}$ (٢)

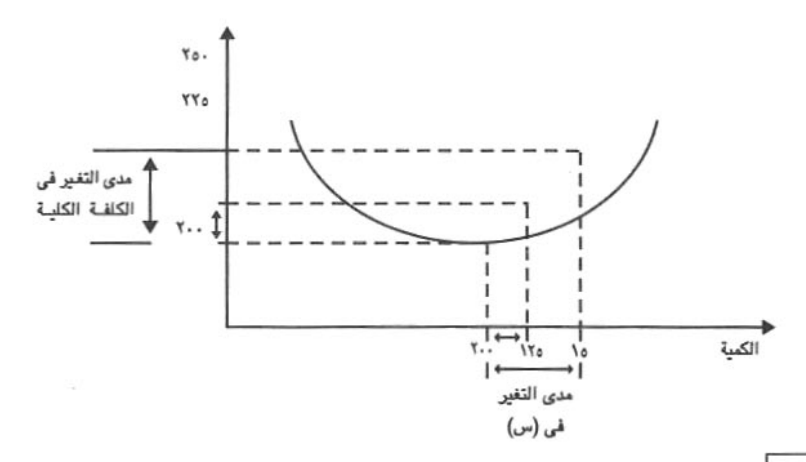
= ٨٠+ ١٢٥ = ٢٠٥ دنانير .

الكلفة الكلية عند (١٥٠) وحدة = $\frac{٤٠٠}{١٥٠}$ (٢٥) + $\frac{١٥٠}{٢}$ (٢)

= ٦٦,٦٧+ ١٥٠ = ٢١٦,٦٧ دينار .

يلاحظ أن التغير فى كمية الطلبية (س) كان بنسبة (٢٥٪) فى الحالة الأولى ، إلا أنه لم يؤدِّ إلا إلى تغير بنسبة (٢,٥٪) فى الكلفة الكلية ، وأن التغير فى (س) بنسبة (٥٠٪) لم يؤدِّ إلا إلى التغير فى الكلفة الكلية بنسبة (٨,٥٪) ، أى أن هناك مدى أكبر للخطأ وعدم دقة التقدير لكمية الطلبية : لأن تأثيره على الكلفة الكلية سيكون محدوداً ، والشكل رقم (٨-٥) يوضح العلاقة بين التغير فى الكمية من (١٠٠) إلى (١٢٥) و(١٥٠) وحدة وما يقابله من تغير فى الكلفة الكلية .

الشكل رقم (٨-٥) : مدى الكلفة الكلية وكمية الطلبية فى النموذج



ومن أجل تحديد تأثير الخطأ على الكلفة الكلية ؛ لنفرض أن (ل) تمثل نسبة القيمة الأولى (مع الخطأ أو عدم الدقة بالتقدير) إلى القيمة الحقيقية أو الصحيحة ؛ لذا فإن الكلفة الكلية (فى حالة الخطأ) تكون :

$$\text{الكلفة الكلية (عند الخطأ)} = \frac{\text{الكلفة الكلية الصحيية}}{٢} \left(\sqrt{ل} + \frac{١}{\sqrt{ل}} \right) \quad \text{.....} \quad (٨-٢٣)$$

والمثال (٨-٢) يوضح تطبيق هذه الطريقة .

مثال (٨-٢) :

مستشفى يحتاج إلى (١٠) آلاف عبوة من عقار معين فى السنة ، وكان الطلب متمثلاً ، وكلفة الطلبية (٢٠٠) دينار بغض النظر عن كمية الطلبية ، وكلفة الاحتفاظ (٠,٢) دينار لكل دينار واحد من متوسط المخزون ، وكانت كلفة الوحدة (٥) دينارات ، وأن النقص غير مسموح فى المستشفى .

وبعد إجراء الحسابات على كمية الطلبية الاقتصادية وجد أن كلفة الاحتفاظ الصحيحة هى (٠,٣٠) دينار لكل دينار من قيمة المخزون بدلاً من (٠,٢) دينار كما فى التقدير الأصلى .

م : تحديد الكلفة الكلية فى الحالتين وتحديد حساسية الكلفة الكلية للخطأ فى تقدير كلفة الاحتفاظ .

الحل : لابد من ملاحظة أن كلفة الاحتفاظ فى هذه الحالة تتمثل فى (٠,٢ × ٥ دينار سعر الوحدة) والآن نحسب (س) :

$$\text{س (عند التقدير الصحيح ٠,٣)} \sqrt{\frac{٢\ (١٠٠٠)\ (٢٠٠)}{٠,٣\ (٥)}} = ١٦٣٣ \text{ وحدة .}$$

$$\text{الكلفة الكلية عند (س =١٦٣٣)} = \frac{١٠٠٠٠}{١٦٣٣} (٢٠٠) + \frac{١٦٣٣}{٢} (٠,٣ \times ٥) = ٢٤٤٩,٤٩ \text{ دينار .}$$

بعدئذ نحسب (س) عند التقدير الأصلى (٠,٢) :

$$س = \sqrt{\frac{٢\ (١٠٠٠٠)\ (٢٠٠)}{٠,٢\ (٥)}} = ٢٠٠٠ \text{ وحدة .}$$

نحسب الكلفة الكلية عند التقدير الصحيح (٠,٣) وعند الكمية غير الصحيحة (س = ٢٠٠٠)

$$\text{الكلفة الكلية} = \frac{١٠٠٠٠}{٢٠٠٠}\ (٢٠٠) + \frac{٢٠٠٠}{٢}\ (٠,٣ \times ٥) = ٢٥٠٠ \text{ دينار .}$$

وهذه يمكن احتسابها أيضًا باستخدام المعادلة (٨-٧) حيث ل = ٠,٣\٠,٢ = ١,٥

$$\text{الكلفة الكلية} = \frac{٢٤٤٩,٤٩}{٢}\ \left(\sqrt{١,٥} + \frac{١}{\sqrt{١,٥}}\right) = ٢٥٠٠ \text{ دينار .}$$

إذن ، إن خطأ بنسبة (٥٠٪) فى كلفة الاحتفاظ أنتج زيادة فى الكلفة الكلية (٢,٠٦٪)

$$\text{حيث}\ \left(\frac{٢٥٠٠ - ٢٤٤٩,٤٩}{٢٤٤٩,٤٩} \times ١٠٠ = ٢,٠٦٪\right)$$

٨-٩- النماذج الاحتمالية :

فى النماذج المؤكدة التى سبق عرضها فإن جميع معاليم مسألة المخزون معلومة وبتأكد كامل ؛ لهذا فإن تحديد كمية الطلبية الاقتصادية ، أو أية كمية أخرى تمكن من تحديد كلفة المخزون الكلية عندها بدقة ، ولأن الطلب ومعدل الطلب ثابتان ، ولأن فترة التوريد تكون ثابتة ومحددة - فإن نقطة إعادة الطلب تكون محددة أيضًا بما يضمن السيطرة على المخزون دون الحاجة إلى مخزون الأمان ، ولكن هذه الحالة ليست دائمًا هى السائدة فى منظمات الأعمال ، بل إن العكس فى أكثر الأحيان هو الصحيح ، أى أن الطلب ومعدل الطلب غير ثابتين ويتغيران بشكل احتمالى ، أى على أساس

التوزيعات الاحتمالية المستمرة أو المنفصلة ؛ فالطلب السنوى يعتمد على التنبؤ وفى ظروف السوق المتغيرة ؛ ولهذا فإن التنبؤ يتسم بعدم التأكد ، أى أن يكون هناك طلب عالٍ غير متوقع يؤدى إلى نفاد المخزون ، كما أن حدوث تأخيرات غير متوقعة فى فترة التوريد يؤدى إلى نفاد المخزون أيضًا . والواقع أن نفاد المخزون يحمل مخاطرة واضحة تتمثل فى التبعات الضائعة ، أى وجود طلبيات (فرصة بديلة للربح) لايمكن تلبيتها إضافة إلى التأثير السلبى على السمعة والشعور الودى للزبائن إزاء المنظمة إضافة إلى ما يمكن تحمله من كلفة إضافية كجزاءات بسبب تأخير الطلبيات .

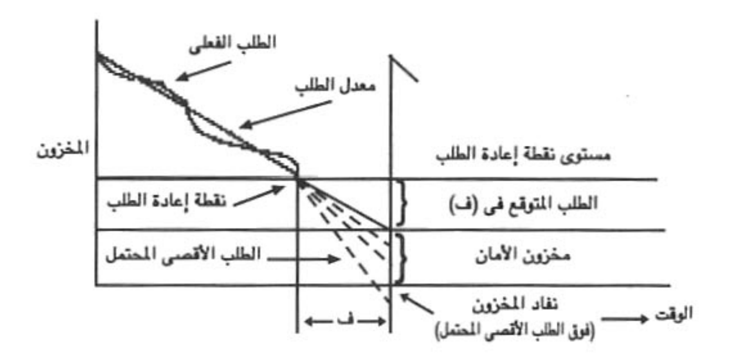
ومن أجل الحد من المخاطرة (حيث لايمكن أبدًا إزالة هذه المخاطرة وفق حسابات اقتصادية مقبولة) ؛ فيمكن اللجوء إلى الاحتفاظ بمخزون الأمان أو الاحتياطى ، وهذا المخزون يؤدى إلى تحمل كلف إضافية هى كلفة الاحتفاظ به ؛ لهذا يكون أمام إدارة المخزون إجراء عملية الموازنة بين كلا النوعين من الكلف ؛ حيث إن كلا النوعين يتحركان باتجاهين متعاكسين فعند زيادة مستوى المخزون تزداد كلف الاحتفاظ به ، بينما تنخفض كلف نفاد المخزون ، وبالتالى فإن مستوى المخزون الأمثل هو الذى يقود إلى الحد الأدنى من مجموع كلف الاحتفاظ بمخزون الأمان وكلف نفاد المخزون .

ومن جهة أخرى فإن نماذج كمية الطلبية الاقتصادية (EOQ Models) تساعد على تحديد كمية الطلبية ، وبالتالى الإجابة عن السؤال : كم يطلب ؟ ولكنها لا تجيب عن السؤال الأساسى الآخر الذى هو : متى يطلب ؟ وهذا ما تجيب عنه النماذج التى تهتم بتحديد نقطة إعادة الطلب بشكل كمى ، ومع أن النماذج المؤكدة تحدد هذه النقطة بسهولة بضرب معدل الطلب الثابت بفترة التوريد الثابتة ، إلا أن النماذج الاحتمالية تعالج حالات التغير فى الطلب وفترة التوريد عند تحديد نقطة إعادة الطلب ، كما يستخدم فيها مخزون الأمان لمواجهة مخاطرة نفاد المخزون (وهذا النوع من المخزون لا يستخدم فى النماذج المؤكدة) ومستوى الخدمة المرغوب .

إن مخزون الأمان الذى يتم الاحتفاظ به وظيفته هى مواجهة موجات الطلب المفاجئة التى تستنزف المخزون بسرعة ؛ لهذا فهو يمثل نوعًا من الضمان من أجل استقرار

الطلب من جهة واستقرار مستوى الخدمة التى تسعى إدارة المخزون إلى الالتزام به من جهة أخرى ، ومن الواضح أنه كلما قلت التغيرات فى الطلب قلت الحاجة إلى مخزون الأمان ؛ لأن مخاطرة نفاد المخزون تنخفض . كما أنه كلما زاد مخزون الأمان اتسع مدى التغير الذى يستطيع معالجته بواسطة هذا المخزون والشكل (٨-٦) يوضح أن مخزون الأمان يمكن من مواجهة التغير من مستوى الطلب الاعتيادى إلى مستوى الطلب الأقصى المحتمل (الذى يمكن أن يحدث عند موجة طلب عالٍ فيكون مخزون الأمان بمثابة مخفف الصدمات لضمان مستوى الخدمة المرغوب ، فى حين يظهر نفاد المخزون عندما يتخطى الطلب مخزون الأمان .

الشكل رقم (٨-٦) : مخزون الأمان لاحتواء التغير فى الطلب فى فترة التوريد



إن تحديد كمية مخزون الأمان يعتمد على معرفة التوزيع الاحتمالى للطلب خلال فترة التوريد ، ونقول فترة التوريد ؛ وذلك لأن إمكانية نفاد المخزون توجد فقط فى فترة التوريد ، ففى الشكل أعلاه عندما يكون المخزون أعلى من نقطة إعادة الطلب لا توجد مخاطرة من نفاد المخزون ، وما أن تصل كمية المخزون إلى نقطة إعادة الطلب وهى بداية فترة التوريد حتى يتم وضع الطلبية لتبدأ عند هذه النقطة إمكانية نفاد المخزون عند موجة الطلب العالى أو عند تأخر استلام الطلبية .

وتحسب نقطة إعادة الطلب (ن أ ط) فى حالة تغير الطلب كالآتى :

ن أ ط = الطلب المتوقع خلال فترة التوريد + مخزون الأمان .

إن التغير فى معدل الطلب فى فترة التوريد يمكن أن يكون موصوفاً وبشكل ملائم من خلال التوزيع الطبيعى . وبشكل عام فإن نماذج نقطة إعادة الطلب تعتمد على التوزيعات الطبيعية ، وإن هذه النماذج تقدم نقاط إعادة الطلب التقريبية حتى عندما تبتعد التوزيعات الفعلية عن التوزيع الطبيعى ؛ وإن معدل الطلب فى فترة التوريد فى مد التوزيع الطبيعى يكون متمركزاً حول متوسط الطلب فى هذه الفترة ، والشكل رقم (٨-٧) يوضح ذلك ، فإذا فرضنا أن متوسط الطلب اليومى (ط) ومتوسط فترة التوريد ؛ (ف) فإن متوسط المخزون فى فترة التوريد هو (ط ف) ، ونقطة إعادة الطلب (ن أ ط) تكون مساوية لمتوسط الطلب فى فترة التوريد (ط ف) ، وفى هذه الحالة فإن المخزون الموجود عند وقت استلام الطلبية سيكون (صفراً) بالمتوسط ؛ لهذا فإنه سيكون فى نصف الفترة أكبر من صفر ، وفى النصف الآخر سيكون أقل من صفر ، أى سيكون هناك نقص أو نفاد المخزون (طلبيات مؤجلة) ، وحيث إن (٥٠٪) كفرصة لنفاد المخزون نسبة عالية نسبياً ؛ لهذا يستخدم مخزون الأمان .

إن تأثير مخزون الأمان (خ أ) يظهر فى الشكل السابق رقم (٨-٦) كمخفف صدمات يوفر حماية مضافة ضد نفاد المخزون فى فترة التوريد خاصة ، وأن معدل الطلب متغير واحتمال ظهور الطلب الأقصى وارد ؛ لهذا فإننا نعيد كتابة معادلة احتساب نقطة إعادة الطلب كالآتى :

ن أ ط = ط ف + خ أ .... (٨-٢٤)

فإذا فرضنا أن معدل الطلب اليومى (٢٠٠) وحدة ومتوسط فترة التوريد (٥) أيام ومخزون الأمان (٣٠٠) وحدة ؛ فإن متوسط الطلب فى فترة التوريد (ط ف = ٢٠٠ × ٥ = ١٠٠٠ وحدة) وإن نقطة إعادة الطلب :

ن أ ط = ١٠٠٠ + ٣٠٠ = ١٣٠٠ وحدة .

من الضرورى ملاحظة أنه فى حالة الطلب السنوى غير المؤكد ، أى أن (ط) مجهولة ؛ فمن الممكن استخدام متوسط الطلب السنوى فى احتساب كمية الطلبية الاقتصادية (س) ، وفى هذه الحالة فإن (ط) المستخدمة فى نموذج كمية الطلبية الاقتصادية ستمثل متوسط الطلب السنوى الذى يمكن الحصول عليه من البيانات التاريخية السابقة فى الشركة .

٨-١٠ - حالات التغير فى الطلب وفترة التوريد :

فى النماذج المؤكدة كان معدل الطلب (ط) وفترة التوريد(ف) ثابتين ؛ لهذا كانت نقطة إعادة الطلب (ن أ ط) ثابتة ومؤكدة على أساس بيانات محددة ومعلومة ، وبالتالى لم تكن هناك حاجة إلى مخزون الأمان لعدم وجود مخاطرة نفاد المخزون ، ولكن فى الحالات التى سنعرض لها فى هذه الفقرة سيكون هناك تغير فى الطلب أو فى فترة التوريد أو فى كليهما .

أولاً : معدل الطلب المتغير وفترة التوريد الثابتة :

إن معالجة التغير فى الطلب ينبغى أن تتم فى فترة التوريد ؛ لأن إمكانية نفاد المخزون تكون فى هذه الفترة ؛ حيث إن الطلب فيها يتكون من سلسلة من الطلبات اليومية المستقلة التى يمكن وصفها من خلال التوزيع الطبيعى ، وبهدف استخدام نموذج نقطة إعادة الطلب فى هذه الحالة يكون من الضرورى معرفة معدل الطلب اليومى (أو الدورى) وانحرافه المعيارى فى فترة التوريد ؛ فإذا كان متوسط الطلب اليومى هو (٧) وحدات وفترة التوريد هى (١٠) أيام ، عندئذ فإن الطلب الكلى المتوقع فى هذه الفترة هو (٧٠) وحدة وسنفرض أن كمية الطلب الكلى خلال فترة التوريد تميل لأن تتوزع توزيعًا طبيعيًا ولها تباين مساوٍ لمجموع التباينات اليومية ، فإذا كان التباين اليومى يساوى (٤) حيث التباين هو تربيع الانحراف المعيارى ، والانحراف المعيارى هو الجذر التربيعى لمربع انحرافات الطلب اليومى عن متوسطه على عدد فترات الطلب ناقص واحد) ؛ لهذا فإن التباين الكلى لفترة التوريد هو (٤ × ١٠ = ٤٠) عندئذ يكون الانحراف المعيارى (وهو الجذر التربيعى للتباين) هو (٦,٣٢) ، مع ملاحظة أن هذ يفرض أن الطلبات اليومية مستقلة عن بعضها البعض .

فى هذه الحالة فإن نقطة إعادة الطلب (كما سبقت الإشارة إلى ذلك) تكون :

ن أ ط = طَ ف + خ أ

هذه يمكن التعبير عنها بالمعادلة الآتية :

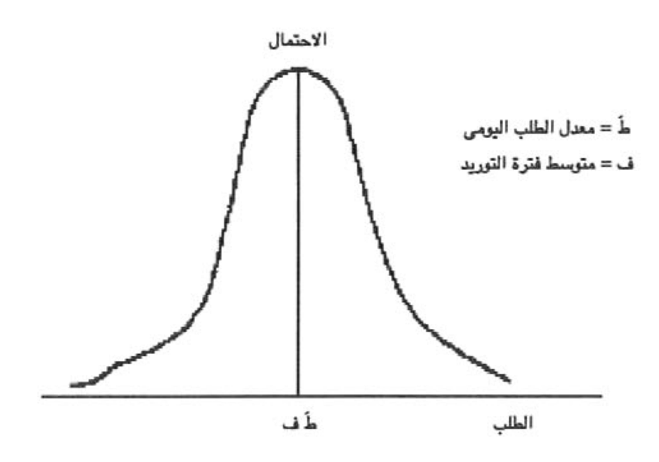
ن أ ط = طَ ف + م $\sqrt{\text{ف}}$ (ع طَ)

حيث إن طَ = معدل الطلب اليومى ، ف = فترة التوريد (ثابتة فى هذه الحالة) ، م = القيمة القياسية للإحداثى السينى أو المسافة بين المتوسط ونقطة إعادة الطلب وتوضح بوحدات انحراف معيارى .

ع طَ = الانحراف المعيارى لمعدل الطلب (طَ) .

م$\sqrt{\text{ف}}$ (ع طَ) = مخزون الأمان . والشكل رقم (٨-٧) يوضح توزيع الطلب فى فترة التوريد .

الشكل رقم (٨-٧) : يوضح توزيع الطلب فى فترة التوريد



إن الاحتفاظ بمخزون الأمان بقدر ما يوفر حماية إضافية ضد نفاد المخزون ، وما يترافق مع هذا النفاد من كلف تتمثل فى المبيعات الضائعة والتأثير السلبى على السمعة ؛ فإنه من جانب آخر يمثل كلفة احتفاظ إضافية ، وإذا كان نموذج كمية الطلبية الاقتصادية يساعد على التوصل إلى كمية المخزون المثلى بالكلفة الكلية الأدنى ؛ فإن التعامل مع مخزون الأمان ينبغى أن يخضع لنفس القواعد ، وبالتالى فإن إدارة المخزون معنية بدراسة كلفة الاحتفاظ بمخزون الأمان مقابل التخفيض فى مخاطرة نفاد المخزون ، وبالتالى تحديد مستوى الخدمة الذى سوف تعتمد فى الإيفاء بالطلب ،

أى أنه إذا كانت مخاطرة نفاد المخزون تمثل احتمال (كنسبة) عدم إيفاء المخزون بالطلب ؛ فإن مستوى الخدمة هو الحالة المقابلة ، أى أنه يمثل احتمال (كنسبة) إيفاء المخزون بالطلب ؛ لهذا يمكن تحديد مستوى الخدمة بنسبة عدد الوحدات المستلمة من قبل الزبائن إلى عدد الوحدات المطلوبة من قبلهم ، فإذا كان عدد الوحدات المطلوبة خلال الفترة (سنة مثلاً) (٢٠٠) وحدة ، وحالة المخزون سمحت بإيفاء (١٩٠) وحدة منها ؛ عندئذ فإن مستوى الخدمة (م خ) سيكون (١٩٠\ ٢٠٠ = ٠.٩٥ أو ٩٥٪) ، وهذا يعنى فى هذه الحالة أن مخاطرة نفاد المخزون تساوى (٠,٠٥ أو ٥٪) ويمكن التعبير عن العلاقة بين مستوى الخدمة (م خ) ومخاطرة نفاد المخزون (م ن خ) كالآتى :

م خ = ١ - م ن خ (٪) .... (٨-٢٦)

لهذا فإن اعتماد مستوى خدمة عالٍ يؤدى إلى انخفاض وتقليص مخاطرة النفاد ، إلا أنه فى الوقت نفسه يؤدى إلى زيادة كلفة الاحتفاظ بمخزون الأمان ؛ لهذا فإن اختيار احتمال مستوى الخدمة (١) ، أى (١٠٠٪) سيكون مكلفًا جداً ؛ مما يتطلب تحديد مستوى ملائم للخدمة على أساس المقارنة ، وكذلك التحليل الحدى للكلف ، أى كلف مخزون الأمان ونفاد المخزون .

مثال (٨-٣) :

ورشة لتصليح الأجهزة المنزلية تستهلك نوعًا من قطع الغيار بمعدل يومى (٢٠) وحدة ، وكانت فترة التوريد (٦) أيام ، وقد كان الاستهلاك فيها موزعًا توزيعًا طبيعيًا ، وتعتمد الورشة مستوى خدمة لا تقل عن (٩٥٪) ، وكان الانحراف المعيارى لتوزيع الاستهلاك (٣,٥) وحدة .

المطلوب : أ - تحديد نقطة إعادة الطلب ومخزون الأمان عند تلك النقطة .

ب - ما هو احتمال مخاطرة نفاد المخزون عند نقطة إعادة الطلب (١٣٨) وحدة

الحـــل : أ - مستوى الخدمة = م خ = (٩٥٪) .

نستخرج قيمة (م) من الملحق (أ) حيث م = ١,٦٥

ن أ ط = ٢٠ (٦) + ١,٦٥ √٦ (٣,٥)

= ١٢٠+ ١٤,١ = ١٣٤,١ × ١٣٤ وحدة

مخزون الأمان = خ أ = ١٤ وحدة .

ب − ن أ ط = طَ ف + م √ف (ع طَ)

م = (ن أ ط − ط ف) / √ف (ع طَ)

م = (١٣٨ − ٢٠ (٦)) / √٦ (٣,٥) = ٢,١٠

يلاحظ أن مخزون الأمان كالطلب فى فترة التوريد باحتمال ٩٨٪ وأن الطلب < مخزون الأمان فى نفس الفترة باحتمال ٢٪

يمكن التوصل إلى مستوى الخدمة المناظر لقيمة (م = ٢,١٠) من الملحق (أ) أى أن : مستوى الخدمة = ٠,٩٨ .

مخاطرة نفاد المخزون = ١ − مستوى الخدمة

= ١− ٠,٩٨ = ٠,٠٢ أو (٢٪) (انظر الشكل المرافق)

يلاحظ أن قيمة أعلى من (م) تعنى نقطة إعادة الطلب عالية ومستوى الخدمة عالٍ أيضاً .

ثانياً : معدل الطلب الثابت وفترة التوريد المتغيرة :

فى هذه الحالة يكون معدل الطلب ثابتًا (معلومًا) إلا أن فترة التوريد تكون متغيرة ، ولهذا يعتبر النموذج احتماليًا ، وفى هذا النموذج يفترض أن فترات التوريد موزعة

توزيعًا طبيعيًا وكذلك الطلب المتوقع خلال هذه الفترات ، إلا أن تباينه لا يكون مجموع التباينات كما فى النموذج السابق ؛ وذلك لأن فترة التوريد فى أية دورة ستكون رقمًا واحدًا بدلاً من سلسلة من الأرقام .

وفى هذه الحالة ، فإن الانحراف المعيارى يكون مساويًا لـ (طَ ع ف) أى للطلب فى فترة التوريد ، كما أن الطلب المتوقع سيمثل (طَ فَ) حيث (طَ) تمثل معدل الطلب الثابت و(ف) تمثل فترة التوريد المتوسطة ، وإن نقطة إعادة الطلب (ن أ ط) ستكون :

ن أ ط = طَ فَ + م (طَ ع ف) .... (٨-٢٧)

خ أ = م (طَ ع ف)

ولتوضيح استخدام النموذج لنفرض أن :

الطلب اليومى (ثابت) = طَ = ٣٠ وحدة .

فترة التوريد المتوسطة = فَ = ٥ أيام .

الانحراف المعيارى لفترة التوريد = ع ف = يوم واحد .

ما هى نقطة إعادة الطلب ، وما هو حجم مخزون الأمان عند مستوى الخدمة (٩٦٪) ؟

لابد أولاً أن نستخرج قيمة (م) عند مستوى الخدمة (٩٦٪) من الملحق (أ) . وبالرجوع إلى الجدول والبحث عن قيمة (٠,٩٦) ؛ فنجد أن هناك قيمتين قريبتين هما (٠,٩٥٩٩) و(٠,٩٦٠٨) ، وحيث إن القيمة الأولى هى الأقرب إلى (٩٦٪) ؛ لهذا نقوم بتحديدها ؛ لنجد أنها تقابل أفقيًا فى العمود الأول قيمة (١,٧) ورأسيًا فى الصف الأعلى قيمة (٠,٠٥) فتكون قيمة (م) هى (١,٧٥) ، إذن :

ن أ ط = ٣٠(٥) + ١,٧٥ (٣٠× ١)

= ١٥٠ + ٥٢,٥ = ٢٠٢,٥ × ٢٠٣ وحدات .

خ أ = ٥٢,٥ _ ٥٣ وحدة .

والمثال (٨-٤) يوضح تطبيقًا آخر لهذا النموذج .

مثال (٨-٤) :

تحتاج شركة إلى مادة واحدة وبمعدل طلب يومي مقداره (٥٠) وحدة ، وهي تعمل (٦) أيام في الأسبوع طوال العام ، كلفة الطلبية الواحدة (١٥) ديناراً وكلفة الاحتفاظ بالوحدة (٢٠٪) . وكان متوسط فترة التوريد مقداره (٣) أيام والانحراف المعياري للطلب خلال فترة التوريد هو (٢) وكان الطلب وفترة التوريد يتوزعان بشكل تقريبي. وكان سعر الوحدة (٥) دنانير ومستوى الخدمة المرغوب هو (٩٠٪) .

مطلوب أ - احتساب كمية الطلبية الاقتصادية .

ب - احتساب نقطة إعادة الطلب ومخزون الأمان .

ج - تحديد مستوى الخدمة عند نقطة إعادة طلب متساوٍ (٣٠٠) وحدة .

الحل :

أ - لاحتساب كمية الطلبية الاقتصادية ينبغي إيجاد الطلب السنوي (ط) :

$$س = \sqrt{\frac{٢\ (١٥٦٠٠)\ (١٥)}{٠,٢٠\ (٥)}} = ٦٨٤ \text{ وحدة .}$$

ط = ٥٠ (٦) (٥٢) = ١٥٦٠٠ وحدة / سنة .

ب - نحسب قيمة (م) عند مستوى الخدمة (٩٠٪) من الملحق (أ) . وبالنظر إلى الجدول للبحث عن القيمة (٠,٩٠) ضمن قيم الجدول ، فنجد أن هناك قيمتين قريبتين هما (٠,٩٠١٥) و (٠,٨٩٩٧) وحيث إن القيمة الأخيرة هي الأقرب إلى (٠,٩٠) فنحدها لنجد أنها تقابل أفقياً (١,٢) في العمود الأول ، وتقابل (٠,٠٨) رأسياً ؛ مما يعني أن قيمة م عند مستوى الخدمة (٩٠٪) تساوي (١,٢٨) .

ومن المعادلة (٨-٢٧) نجد :

ن أ ط = ٥٠ (٣) + ١,٢٨ (٥٠ × ٢)

= ١٥٠ + ٢٨ = ٢٧٨ وحدة .

خ أ = ١٢٨

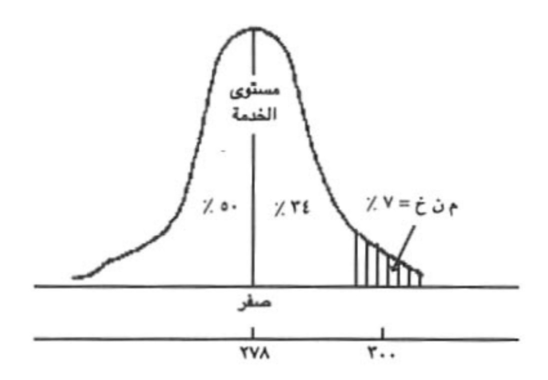
ج - ن أ ط = طَ فَ + م (طَ ع ف)

م = (ن أ ط - طَ فَ) / (طَ ع ف)

= (٣٠٠ - ١٥٠) / (٥٠ × ٢) = ١,٥

يمكن التوصل إلى مستوى الخدمة المناظر لقيمة (م=١,٥) من الملحق (أ) ؛ حيث نجد أن ما يقابل قيمة (م) المذكورة هى القيمة (٠,٩٣٣٢) مما يعنى أن :

مستوى الخدمة = (٩٣٪) (انظر الشكل المرافق)



يلاحظ من الشكل المرافق الذى يمثل منحنى توزيع طبيعى متوسطه يساوى صفراً ، أن المساحة تحت المنحنى تساوى واحداً صحيحًا ، يكون (٥٠٪) منها إلى يسار المتوسط و(٥٠٪) إلى يمينه ، ولأن مستوى الخدمة (٩٣٪) فإن (٥٠٪) منها إلى يسار المتوسط حيث الطلب يكون اعتيادياً فيمكن تلبية من مخزون الأمان و(٤٣٪) تكون إلى يمين المتوسط ؛ لتظل (٧٪) تمثل مخاطرة نفاد المخزون التى يتم تحملها فى حالة الطلب الأقصى فى فترة التوريد .

ثالثًا : معدل الطلب المتغير وفترة التوريد المتغيرة :

وتعتبر هذه الحالة أكثر تعقيداً ؛ لأنها تتسم بدرجة أعلى من التغير ؛ ولأن الطلب وفترة التوريد كليهما متغيران ؛ لهذا فإن مخزون الأمان سيكون أكبر بالمقارنة مع الحالتين السابقتين ، حيث كان واحداً فقط هو المتغير وليس كلاهما . ولأن الطلب المتوقع هو حاصل ضرب الطلب اليومى (متغير) وفترة التوريد (متغيرة) ؛ لهذا فإن التباين الكلى سيكون أكبر ؛ لأنه يمثل مجموع تباينات الطلب وفترة التوريد . وكذلك الحال مع الانحراف المعيارى . وسنفترض أن الطلب اليومى وفترة التوريد كليهما يتوزعان توزيعًا طبيعيًا ، وعندئذ فإن الطلب الكلى أيضًا سيكون موزعًا توزيعًا طبيعيًا .

يمكن أن نلاحظ من النموذجين فى الحالتيين السابقتين أن الانحراف المعيارى (ع) :

$$\text{ع الطلب} = \sqrt{\bar{\text{ف}}}\ (\text{ع ط})$$

$$\text{ع فترة التوريد} = \text{ط}\ (\text{ع ف})$$

ويكون الانحراف المعيارى لمجموع الطلب خلال فترة التوريد (ع ط – ف) :

$$\text{ع ط – ف} = \sqrt{\text{ع}^2\ \text{الطلب} + \text{ع}^2\ \text{فترة التوريد}}$$

$$= \sqrt{[\ (\sqrt{\bar{\text{ف}}}\ (\text{ع}\ \bar{\text{ط}})\ )\ ]^2 + [\bar{\text{ط}}\ (\text{ع ف})\ ]^2}$$

$$= \sqrt{\bar{\text{ف}}\ \text{ع}^2\ \bar{\text{ط}} + \bar{\text{ط}}^2\ \text{ع}^2\ \text{ف}}$$

لذلك فى هذه الحالة تكون نقطة إعادة الطلب (ن أ ط) هى :

$$\text{ن أ ط} = \bar{\text{ط}}\ (\bar{\text{ف}}) + \text{م}\sqrt{\bar{\text{ف}}\ \text{ع}^2\ \bar{\text{ط}} + \bar{\text{ط}}^2\ \text{ع}^2\ \text{ف}}$$

حيث إن ($\bar{\text{ط}}\ \bar{\text{ف}}$) متوسط الطلب الكلى فى فترة التوريد المتوسطة . وإن مخزون الأمان (خ أ) = $\text{م}\sqrt{\bar{\text{ف}}\ \text{ع}^2\ \bar{\text{ط}} + \bar{\text{ط}}\ \text{ع}^2\ \text{ف}}$

ويوضح المثال (٨–٥) استخدام هذا النموذج فى هذه الحالة التى فيها كلا من معدل الطلب وفترة التوريد متغيران .

مثال (٨-٥) :

إحدى شركات التجارة بالمفرد تحتاج إلى أحد المنتجات بمتوسط (٥٠٠) وحدة فى الأسبوع وانحراف معيارى فى الأسبوع (١٠) وحدات ، ويتم التوريد فى فترة متوسطها (٣) أسابيع وانحراف معيارى مقداره أسبوع ، وأن الطلب وفترة التوريد تتوزعان توزيعًا طبيعيًا . وكانت كلفة الطلبية (١٠٠) دينار وكلفة الاحتفاظ بالوحدة (٠,٥) دينار .

المطلوب أ - احتساب نقطة إعادة الطلب ومخزون الأمان عند مستوى الخدمة (٩٥٪) .

ب - احتساب الكلفة الكلية للمخزون فى الشركة .

الحل :

أ - $\bar{ط}$ = ٥٠٠ وحدة ، ع ط = ١٠ وحدة / أسبوع

$$ن\ أ\ ط = \bar{ط}\,(\bar{ف}) + م \sqrt{\bar{ف}\ ع^{2}_{ط} + \bar{ط}^{2}\ ع^{2}_{ف}}$$

$$= ٥٠٠\,(٣) + ١,٦٥ \sqrt{٣(١٠)^{2} + (٥٠٠)^{2}\,(١)^{2}} = ١٥٠٠ + ١,٦٥\,(٥٠٠,٣٠)$$

$\bar{ف}$ = ٣ أسابيع ، ع ف = أسبوع واحد .

= ١٥٠٠ + ٨٢٥,٥٠ = ٢٢٢٥,٥٠ ـ ٢٢٢٦ وحدة .

خ أ = ٨٢٥,٥٠ ـ ٨٢٦ وحدة .

ب - الطلب السنوى = ط = ٥٠٠ (٥٢ أسبوع) = ٢٦٠٠٠ وحدة .

$$س = \sqrt{\frac{٢\,(٢٦٠٠٠)\,(١٠٠)}{٠,٠٥}} \simeq ٣٢٢٥\ \text{وحدة .}$$

فى حالة وجود مخزون الأمان ؛ فإن متوسط المخزون يساوى $\left(\frac{س + خ\ أ}{٢}\right)$ ، إذن :

$$ك\ ك = \frac{٢٦٠٠٠}{٣٢٢٥}\,(١٠٠) + \left(\frac{٣٢٢٥ + ٨٢٦}{٢}\right)(٠,٥)$$

= ٨٠٦,٢٠ + ١٠١٢,٧٥

= ١٨١٨,٩٥ دينار .

٨-١١- العلاقة بين نقطة إعادة الطلب وكمية الطلبية :

ثمة علاقة متبادلة بين كمية الطلبية ونقطة إعادة الطلب ؛ حيث إن كمية الطلبية الكبيرة تؤدى إلى عدد طلبيات أقل (دورات مخزون أقل) ؛ أى تعرض أقل لنفاد المخزون . وهكذا يكون ذلك سببًا فى تخفيض مستوى إعادة الطلب ، وبالعكس أى كلما انخفضت كمية الطلبية زادت الدورات وزاد التعرض لنفاد المخزون ، وعلى هذا الأساس يمكن أن نحسب نفاد المخزون المتوقع باستخدام الصيغة الآتية :

نفاد المخزون المتوقع فى السنة = احتمال نفاد المخزون فى دورة واحدة × عدد دورات المخزون فى السنة ..... (٨-٣٠)

وإذا أمكن تحديد كلفة نفاد المخزون ؛ فإن من الممكن تحديد نقطة إعادة الطلب المثلى التى تحقق الموازنة بين الكلفتين المتعاكستين : كلفة الاحتفاظ بمخزون الأمان وكلفة نفاد المخزون . إن استخدام التحليل الحدى يساعد على تحقيق هذه الموازنة من خلال نقطة إعادة الطلب المثلى التى يمكن إيجادها بالبدء بالقيمة الأدنى للطلب المتوقع خلال فترة التوريد ، ونبدأ برفع نقطة إعادة الطلب مادامت الكلفة المضافة الناجمة عن الوحدة الإضافية التى تضاف على مخزون الأمان أقل من كلفة وحدة نفاد المخزون والاستمرار بفى ذلك مادامت هذه الكلفة الإضافية أقل من الكلفة الحدية لنفاد المخزون . بعبارة أخرى أن نستمر فى زيادة المخزون مادام الفرق بين الكسب الصافى من آخر وحدة مضافة وكلفتها موجبًا أو متساويًا وعندها يتم التوقف ؛ لأن أية وحدة بعدها ستكون خسارة ، أى أن :

العائد الحدى المتوقع ≤ الكلفة الحدية المتوقعة

أو كلفة وحدة مخزون الأمان = كلفة وحدة نفاد المخزون (النقص)

إن كلتا الكلفتين تتساويان عند نقطة إعادة الطلب المثلى ، وهى ذلك المستوى من المخزون الذى تكون عنده كلفة الاحتفاظ بوحدة إضافية مساوية لكلفة عدم الاحتفاظ بتلك الوحدة ، أو مساوية لكلفة نفاد تلك الوحدة ، وهذا يمكن التعبير عنه بالمعادلة الآتية :

$$\text{ك ح} = (١ - \text{م خ}) \frac{\text{ط}}{\text{س}} \text{ك ن} \quad \text{.........} \quad (٨-٣١)$$

حيث (ك ح) تمثل كلفة الاحتفاظ و (م خ) مستوى الخدمة ، (ط) تمثل الطلب السنوى ، (س) كمية الطلبية ، (ك ن) كلفة النفاد وبحل المعادلة نحصل على :

$$\text{م خ} = ١ - \left(\frac{\text{س}}{\text{ط}}\right) \frac{\text{ك ح}}{\text{ك ن}} \quad \text{.........} \quad (٨-٣٢)$$

ويمكن احتساب مخزون الأمان باستخدام المعادلة التالية للتوصل إلى نفس النتيجة :

$$\text{م خ} = \frac{\left(\frac{\text{ط}}{\text{س}}\right)(\text{ك ن})}{\text{ك ح} + \frac{\text{ط}}{\text{س}}(\text{ك ن})} \quad \text{.........} \quad (٨-٣٣)$$

لإيجاد نقطة إعادة الطلب المثلى يمكن اتباع الخطوات الآتية :

أ - إيجاد كمية الطلبية الاقتصادية باستخدام النموذج الأساسى .

ب - استخدام كمية الطلبية الاقتصادية (س) لتحديد مستوى الخدمة الملائم من خلال المعادلة (٨-٣٢) .

ج - استخدام بيانات الطلب خلال فترة التوريد لاختيار نقطة إعادة الطلب التى تعطى مستوى الخدمة الذى تم احتسابه فى الفقرة (ب) أعلاه .

يوضح المثال (٨-٦) استخدام نموذج نقطة إعادة الطلب المثلى .

مثال (٨-٦) :

لقد كان الطلب على إحدى السلع بالمتوسط (٥٠) وحدة يومياً والانحراف المعيارى (١٠) ، وكان معلوماً أن الطلب موزع توزيعاً طبيعياً . وكانت فترة التوريد (١٠) أيام ، والطلب السنوى (١٢٥٠٠) وحدة وكلفة نفاد المخزون للوحدة (١٠) دينارات وكلفة الطلبية (٢٠) ديناراً وكلفة شراء الوحدة (٥٠) ديناراً وكلفة الاحتفاظ (٢٥٪) .

المطلوب : أ – تحديد كمية الطلبية الاقتصادية .

ب – ما هو مستوى الخدمة المرغوب ؟

ج – تحديد نقطة إعادة الطلب ومخزون الأمان المطلوب عند مستوى الخدمة المرغوب المحدد فى (ب) .

د – ما هى الكلفة السنوية للاحتفاظ بمخزون الأمان المطلوب ؟

الحـــل :

أ –

$$\text{س} = \sqrt{\frac{\text{٢ ط (ك ل)}}{\text{ك ح}}}$$

$$= \sqrt{\frac{\text{٢ (١٢٥٠٠) (٢٠)}}{\text{٫٢٥ (٥٠)}}} = \text{٢٠٠ وحدة .}$$

ب – مستوى الخدمة المرغوب يمكن احتسابه من المعادلة (٨–٣٢)

$$\text{م خ} = \text{١} - \left(\frac{\text{س}}{\text{ط}}\right) \frac{\text{ك ح}}{\text{ك ن}}$$

$$\text{م خ} = \text{١} - \frac{\text{٢٠٠}}{\text{١٢٥٠٠}} \times \frac{\text{٠٫٢٥(٥٠)}}{\text{١٠}}$$

= ١–٠٫٠٢ = ٠٫٩٨ أو ٩٨٪

وهذا يمكن التوصل إليه باستخدام المعادلة (٨–٣٣) حيث :

$$\text{م خ} = \frac{\frac{\text{١٢٥٠٠}}{\text{٢٠٠}}\text{(١٠)}}{\text{(٥٠} \times \text{٠٫٢٥)} + \frac{\text{١٢٥٠٠}}{\text{٢٠٠}}\text{(١٠)}} = \frac{\text{٦٢٥}}{\text{٦٣٧٫٥}}$$

= ٠٫٩٨

ج - عند مستوى الخدمة (٩٨٪) فإن قيمة (م =٢,٠٥) انحراف معيارى لمخزون الأمان (من الملحق أ) ؛ ولأن فترة التوريد (١٠) أيام ، والانحراف المعيارى لمعدل الطلب (ع طَ) يساوى (١٠) ، إذن :

= ٥٠٠ + (٢,٥ × ٣١,٦) = ٥٠٠ + ٦٤,٤٦٤

= ٥٦٤,٤٦٤ _ ٥٦٥ وحدة .

أى أن مخزون الأمان (خ أ) :

خ أ = ٦٥ وحدة .

ن أ ط = طَ ف + م $\sqrt{ف}$ (ع طَ)

= ٥٠(١٠) + ٢,٠٥ $\sqrt{١٠}$ (١٠)

د - إن كلفة الاحتفاظ السنوية ، بمخزون الأمان هى :

ك خ (خ أ) = (٠,٢٥ × ٥٠) (٦٥)

= ٨١٢,٥٠ دينار .

لاستكمال جانب آخر من التحليل ؛ فإن بالإمكان احتساب العدد المتوقع من وحدات نفاد المخزون ، أو النقص فمن الواضح أن احتساب نقطة إعادة الطلب ، كما قدمناه لا يحدد العدد المتوقع لوحدات النقص لمستوى الخدمة المرغوب فى فترة التوريد ؛ حيث إن مخزون الأمان يمثل الوحدات التى يجب الاحتفاظ بها لمواجهة النقص الحاصل عند مستوى الخدمة المرغوب وليس العدد المتوقع لوحدات النقص (نفاد المخزون) .

لهذا وباستخدام المعلومات السابقة نفسها مع توظيف الجدول فى الملحق (جـ) ؛ يمكن تحديد كمية النقص فى كل دورة مخزون (أو طلبية) وذلك باستخدام المعادلة الآتية :

د ن = ق (م) ع ط ف .... (٨-٣٤)

حيث د ن = العدد المتوقع لنقص الوحدات فى دورة المخزون .

ق (م) = القيمة القياسية لنقص الوحدات ، كما فى جدول التوزيع الطبيعى لمستويات الخدمة ودالة الخسارة الطبيعية للوحدة والتى تحدد من خلال جداول قياسية مستوى الخدمة ومستوى النقص أو النفاد فى المخزون .

ع ط ف = الانحراف المعيارى لطلب فترة التوريد .

وإذا ما أردنا احتساب العدد المتوقع لنقص الوحدات فى السنة ؛ فإن ناتج المعادلة يمكن ضربه بعدد الطلبيات (ط\س) أى :

$$\text{مج د ن} = \text{د ن} \left(\frac{\text{ط}}{\text{س}}\right) \quad \text{.......... (٨-٣٥)}$$

ولتوضيح ذلك لنفرض أن :

الطلب السنوى = ط = ٩٠٠٠ وحدة .

الانحراف المعيارى لطلب فترة التوريد = ع ط - ف = ٢٥٠ وحدة .

كمية الطلبية الاقتصادية = س = ٦٠٠ وحدة .

مستوى الخدمة المرغوب = م د = ٩٥٪ .

ما هو العدد المتوقع لوحدات النقص فى الطلبية (د ن) ؟

إن القيمة القياسية لنقص الوحدات ق (م) عند مستوى الخدمة (٩٥٪) من الملحق (جـ) تكون :

ق (م) = ٠,٠٢١

وباستخدام المعادلة (٨-٣٤) نحصل على :

د ن = ٠,٠٢١(٢٥)

د ن = ٠,٥٢٥ وحدة .

نحسب عدد الطلبيات :

$$\text{عدد الطلبيات} = \frac{ط}{س} = \frac{٩٠٠٠}{٦٠٠} = ١٥ \text{ طلبية}$$.

نحسب مجموع وحدات النقص (مج د ن) فى السنة :

مج دن = ١٥ × ٠,٥٢٥ = ٧,٩ × ٨ وحدات .

وإذا أردنا أن نحسب ما هو مستوى الخدمة لفترة التوريد الذى يجب اتباعه ؛ ليكون النقص (٥) وحدات فقط ، فإننا ينبغى أولاً التوصل إلى القيمة القياسية لنقص الوحدات ق (م) حيث إن :

$$ق\ (م) = \frac{د\ ن}{ع\ ط\ ف}$$

$$ق\ (م) = \frac{٥}{٢٥} = ٠,٢$$

إن مستوى الخدمة عندما تكون القيمة القياسية لوحدات النقص (٠.٢) من الملحق (د) يكون هو (٠,٦٨٤٤) ويساوى تقريباً (٦٨٪) .

٨-١٢ - نموذج فترة الطلبية الثابتة :

يسمى أيضًا نموذج إعادة طلب الفترة الثابتة ، وفى هذا النموذج تكون الفترة الممتدة ما بين الطلبيات ثابتة ، فى حين تكون كمية الطلبية متغيرة ، وهذا خلاف نموذج كمية الطلبية الثابتة الذى تكون فيه كمية الطلبية ثابتة إلا أن فترة الطلبية تختلف من طلبية لأخرى ، ويمكن أن نحدد الفرق بين النموذجين فى النقاط الآتية :

أولاً : إن نموذج كمية الطلبية الثابتة يكون ذا حساسية للطلب من خلال نقاط إعادة الطلب التى تكون عند زيادة الطلب متقاربة ، أى أن الفترة ما بين نقاط إعادة

الطلب تقصر ، وتكون بعيدة نسبيًا عند انخفاض الطلب ، أى أن الفترة بينها تطول ، فى حين أن نموذج الفترة الثابتة يكون ذا حساسية للطلب عند نهاية الفترة الثابتة من خلال كمية الطلبية المتغيرة ، أى أنه عند ارتفاع الطلب فإن الفترة بين الطلبيات تظل ثابتة ، ولكن كمية الطلبية فى نهاية الفترة تكون أكبر ، وعند انخفاض الطلب فإن كمية الطلبية فى نهاية الفترة تكون أصغر ؛ لهذا يعتبر بدون نقطة إعادة الطلب (كمية) .

ثانيًا : إن نموذج كمية الطلبية الثابتة يتطلب نظام سيطرة محكمًا ، وإن أنظمة الرقابة الدائمة التى تستخدم الحاسبة الإلكترونية هى المستخدمة عادة من أجل ضبط رصيد المخزون وإطلاق الطلبية (بكمية ثابتة) عند وصول المخزون عند نقطة إعادة الطلب ، أما فى نموذج فترة الطلبية الثابتة ، فلا يتطلب مثل هذا النظام المحكم ؛ لهذا يتم الاعتماد فيه على أنظمة الرقابة الدورية التى تتم الرقابة فيها من خلال المراجعة الدورية (كل يوم أو أسبوع أو شهر حسب ما هو محدد) ، ومع ثبات الفترة ما بين المراجعة الدورية ، فإن المخزون الموجود يمكن أن يختلف من مراجعة لأخرى ؛ مما يجعل كمية الطلبية مختلفة من طلبية لأخرى .

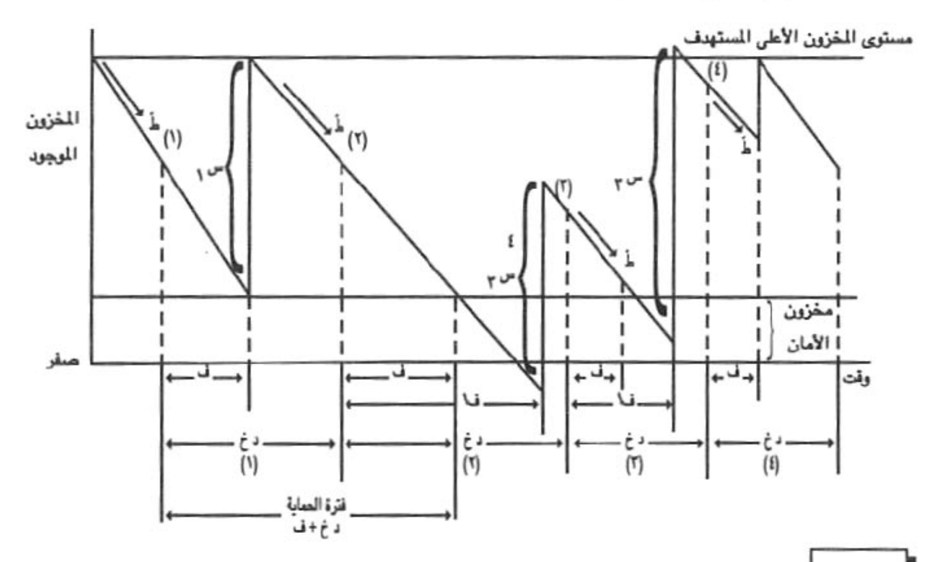
ثالثًا : إن نموذج كمية الطلبية الثابتة يعتمد على الكمية لإطلاق الطلبية ، أى كمية نقطة إعادة الطلب ، فى حين أن نموذج فترة الطلبية الثابتة يركز على الوقت (الفترة الثابتة) لإطلاق الطلبية . وهذا الأخير يكون أكثر عرضة لنفاد المخزون ؛ مما يجعل الحاجة ماسة للاحتفاظ بمخزون أمان أكبر ، وبالتالى فإن النموذج الأول يحتاج إلى فترة حماية من نفاد المخزون فى فترة التوريد فقط (أى عند كمية المخزون فى نقطة إعادة الطلب وحتى استلام الطلبية) ، فى حين فى النموذج الثانى (الفترة الثابتة) فإن فترة الحماية من نفاد المخزون تكون أطول ، وتمتد على طول فترة الطلبية زائدًا فترة التوريد ، مع افتراض أن فترة الحماية تتوزع توزيعًا طبيعيًا .

رابعًا : إن نموذج كمية الطلبية الثابتة يحسب كمية الطلبية الاقتصادية (س) فى حين أن نموذج فترة الطلبية الثابتة يقوم بتحويل كمية الطلبية إلى فترة الطلبية ، حيث فترة الطلبية أو دورة المخزون (دخ) = س \ط .

وهناك أربعة فروض لهذا النموذج هى : أن المادة تورد فى طلبيات (وليس بشكل تدريجى) ، كلفة الاحتفاظ لا تتأثر بقرارات كمية الطلبية ، إن المادة تكون مستقلة عن المواد الأخرى ، وأخيرًا وإن كمية الطلبية المستلمة هى بالتحديد كمية الطلبية المطلوبة .

إن الشكل رقم (٨-٨) يوضح هذا النموذج ؛ حيث إن هناك طلبية جديدة توضع فى فترات دورية ثابتة بعد أن يتم احتساب المخزون الموجود ، ومن ثم وضع كمية الطلبية بالفرق بين مستوى المخزون الأعلى المستهدف والمخزون الموجود . والحالة المعروضة فى الشكل (٨-٨) فيها معدل الطلب (طَ) ثابت وفترة التوريد متغيرة ، وسوف نشير إلى فترة التوريد المتوقعة بالحرف (ف) وفترة التوريد الفعلية (ف١) .

الشكل رقم (٨-٨) : نموذج فترة الطلبية الثابتة (الطلب ثابت وفترة التوريد متغيرة)



لنبدأ فى نموذج فترة الطلبية الثابتة بتحديد فترة الطلبية (د خ) ؛ حيث يمكن احتسابها باستخدام نفس الطريقة المستخدمة فى احتساب كمية الطلبية الاقتصادية وفق إحدى الصيغتين :

$$\text{د خ} = \frac{\text{س}}{\text{ط}}$$

أو

$$\text{د خ} = \sqrt{\frac{\text{٢ ك ت}}{\text{ط (ك ح)}}} \qquad (٨-٣٦)$$

لنفرض أن :

الطلب السنوى = ط = ٢٠٠٠ وحدة .

كلفة الطلبية = ك ل = ٢٠ ديناراً .

كلفة الاحتفاظ = ك ح = ديناران .

عدد أيام العمل فى السنة = ٢٥٠ يوماً .

نحسب كمية الطلبية الاقتصادية (س) :

$$\text{س} = \sqrt{\frac{٢\ (٢٠٠٠)\ (٢٠)}{٢}} = ٢٠٠ \text{ وحدة .}$$

$$\text{د خ} = \frac{٢٠٠}{٢٠٠٠} = ٠,١ \text{ سنة .}$$

$$= ٠,١ \times ٢٥٠ = ٢٥ \text{ يوماً .}$$

باستخدام المعادلة (٨-٣٦) نحصل على :

$$\text{د خ} = \sqrt{\frac{٢٠ \times ٢}{٢٠٠٠ \times ٢}} = \sqrt{٠,٠١} = ٠,١ \ \text{سنة} .$$

$$= ٠,١ \times ٢٥٠ = ٢٥ \ \text{يوماً} .$$

إذن فإن فترة الطلبية المثلى هى (٢٥) يوماً .

واستكمالاً لتحليل النموذج فلابد من احتساب كمية الطلبية على أساس أن الطلب وفترة التوريد متغيران واستخدام مستوى الخدمة ، ويمكن احتساب هذه الكمية من خلال الصيغة الآتية :

كمية الطلبية = الطلب المتوقع فى فترة الحماية + مخزون الأمان - المخزون الموجود عند إعادة الطلب

$$= \bar{\text{ط}} (\text{د خ} + \text{ف}) + \text{م ع}_{\text{ط}} \sqrt{\text{د خ} + \text{ف}} - \text{و} \qquad (٨-٣٧)$$

حيث دخ = فترة الطلبية (طول الفترة بين الطلبيات)

و = المخزون الموجود عند إعادة الطلب .

باستخدام نفس البيانات السابقة مع افتراض أن :

الانحراف المعيارى للطلب = ع ط = ٣ وحدات .

المخزون الموجود عند إعادة الطلب = و = ٨٠ وحدة .

فترة التوريد = ف = ٥ أيام .

مستوى الخدمة المرغوب = م خ = ٩٨٪ .

$$\text{معدل الطلب} = \frac{٢٠٠٠}{٢٥٠} = ٨ \ \text{وحدة / يوم} .$$

$$\text{كمية الطلبية} = ٨ (٢٥ + ٥) + (٢,٠٥)(٣) \sqrt{٢٥ + ٥} - ٨٠$$

$$= ٢٤٠ + ٣٣,٧ - ٨٠$$

$$= ١٩٣,٧ \times ١٩٤ \ \text{وحدة} .$$

٨-١٣- نموذج الفترة الوحيدة :

إن بعض السلع تتسم بخصائص معينة تجعلها غير قابلة للاستمرار بقيمتها بعد فترة معينة ، فمثلاً السلع المرتبطة بمناسبات معينة خلال السنة كشجرة أعياد الميلاد أو السلع المرتبطة بدورة حياة مفيدة قصيرة (كالصحف والمجلات) أو المواد القابلة للفساد (كالأزهار والفواكه والخضر) التى عند عدم بيعها فى يومها - فمن المحتمل ألا تباع بنفس القيمة فى اليوم التالى ، أى أن السلع المتبقية ستباع بقيمة التعويض التى يمكن أن تكون صفراً (كما فى حالة الصحف) أو قيمة سالبة أقل من كلفتها (كما فى حالة الأزهار والفواكه والخضر وحتى سلع المودة فى غير موسمها) ، إن هذا النموذج ويدعى أيضًا مسألة بائع الصحف هو خلاف للنماذج الأخرى التى سبق عرضها ؛ حيث إنه يستلزم وضع الطلبية وخزن المادة لمرة واحدة ، وإن عملية إعادة الطلب والخزن تكون بعد استهلاكها ومن هنا جاءت التسمية ، حيث إن الطلبية توضع وتستلم وتستهلك أو تباع فى فترة محددة (فى حالة الصحف ليوم واحد) ، وإن الذى لا يباع لا قيمة له بعد نهاية الفترة ، أو أن قيمته أقل ، فى حين أن نماذج المخزون التى سبق عرضها تعتبر نماذج متعددة الفترات وهى النماذج الأكثر شيوعًا واستخدامًا حيث تتعدد الطلبيات وتخزن من فترة لأخرى .

فى هذا النموذج عندما تكون وحدات الطلب بعدد قليل يكون بالإمكان استخدام جدول النتائج ؛ حيث سيعتمد على البدائل الممثلة لكمية الطلبية التى ستطلب ، والحالات الطبية تمثل الطلب الفعلى أو الوحدات المباعة ، ويكون معيار القرار ممثلاً بالقيمة النقدية المتوقعة والذى يستخدم لتحديد كمية الطلبية المثلى .

أما عندما تكون كمية الطلب كبيرة ؛ فإن التحليل الحدى يصبح ضرورياً ، وقد أشرنا سابقًا عند الحديث عن مستوى الخدمة إلى أن مستوى المخزون الأمثل (وكمية الطلبية) يكون عند التوصل إلى أن كلفة الوحدة الأخيرة المضافة ؛ للطلبية صفراً ، ولتوضيح ذلك بإيجاز بما يخدم موضوع هذه الفقرة ، نشير إلى أن الخزن الزائد ؛ سيؤدى إلى تحمل كلفة الزيادة (ك ز) ، أى وجود وحدات فى المخزون لا تباع خلال الفترة الواحدة ، ويتم التخلص منها بقيمة التعويض أو قيمة سالبة) أما إذا تم

الاحتفاظ بخزن ناقص أو متدنٍ أى أقل من الطلب ؛ فيؤدى إلى كلفة النقص (ك ن) ، أى كلفة الفرصة البديلة وكلفة السمعة ؛ لهذا فإن المطلوب هو زيادة الطلبية والاستمرار بذلك حيث التوصل إلى تساوى كلفة الزيادة (ك ز) مع كلفة النقص ، أى أن الهدف هو تحديد الوحدة الأخيرة المضافة التى تحقق هذا التساوى ؛ ليتم تحديد كمية الطلبية (وكذلك مستوى المخزون) عندها . وقبل الاستمرار فى عملية التحليل لابد من ملاحظة تتعلق باستخدامنا لكلفة النقص (ك ن) فى هذا المجال ، حيث تعنى أن الوحدة ليست موجودة (ليست ضمن الطلبية) إلا أن هناك طلبًا عليها ؛ لهذا تكون (ك ن) بمقدار الفرق بين السعر والكلفة ، وكلفة الزيادة (ك ن) تعنى أن الوحدة كانت ضمن الطلبية (والمخزون) مع عدم وجود طلب عليها ؛ لهذا تكون (ك ز) بمثابة العدو بين كلفة الشراء وقيمة التعويض ، إذن :

كلفة النقص (ك ن) = السعر − الكلفة

كلفة الزيادة (ك ز) = كلفة الشراء − قيمة التعويض

لمواصلة التحليل لنفرض أن احتمال الطلب [ح (ط)] سيكون أكبر من أو يساوى العدد المتوقع لوحدات الطلب (ط) وعند استخدام توزيع الاحتمال المتراكم (Cumulative Probability) فإن [ح (ط)] ، عندئذ تكون القيمة من بداية التراكم عند المؤخرة اليمنى لمنحى التراكم (أى عند القيمة التى تمثل مخاطرة النفاد أو النقص) ، وفى الحالة المذكورة سيكون هناك نقص ؛ لهذا يكون من الضرورى إضافة وحدات جديدة ما دامت الكلفة المتوقعة للنقص (ك ن) أكبر من كلفة الزيادة (ك ز) ، أى :

ح (ط) (ك ن) > [١ − ح (ط)] ك ز .... (٨−٣٨)

بإضافة وحدة إضافية ، فإن احتمال الطلب [ح (ط)] سينخفض ، فى حين أن كمية الطلبية تزداد ، وعند الاستمرار فإن كمية الطلبية تزداد حتى نقطة معينة عندها يتساوى طرفا المعادلة . إن كمية الطلبية الاقتصادية ستكون عند احتمال الطلب [ح (ط)] الذى تتساوى لديه كلفة النقص (ك ن) مع كلفة الزيادة (ك ز) ، وهذا ما يدعى

بالاحتمال الحرج الذى يضمن تحقيق التوازن المطلوب ، أى أن الاحتمال الحرج هو الذى يحقق التساوى بين كلفتين ويمكن إيجاد [ح (ط)] كالآتى :

ح (ط) (ك ن) = [١ - ح (ط)] ك ز

ح (ط) (ك ن) = ك ز - ك ز X ح (ط)

ح (ط) (ك ن+ ك ز) = ك ز

$$ح\,(ط) = \frac{ك\,ز}{ك\,ن + ك\,ز} \quad \text{.............} \quad (٨-٣٩)$$

ولابد من ملاحظة أن ح (ط) يمثل بداية توزيع الاحتمال المتراكم ، ولتوضيح ذلك لنفرض أن :

كلفة النقص = ك ن = ٠,٨٠ دينار .

كلفة الزيادة = ك ز = ٠,٢٠ دينار .

$$فإن\ ح\,(ط) = \frac{٠,٢٠}{٠,٨٠ + ٠,٢٠} = ٠,٢٠ \text{ أو } ٢٠٪$$

عند [ح (ط)] فإن مستوى المخزون الأمثل يحقق مخاطرة نفاد المخزون أو النقص مقدارها (٢٠٪) وبالتالى ، فإن مستوى الخدمة يساوى (٨٠٪) وهذا يمكن التعبير عنه كالآتى :

$$١ - (ح\,ط) = \frac{ك\,ن}{ك\,ن + ك\,ز}$$

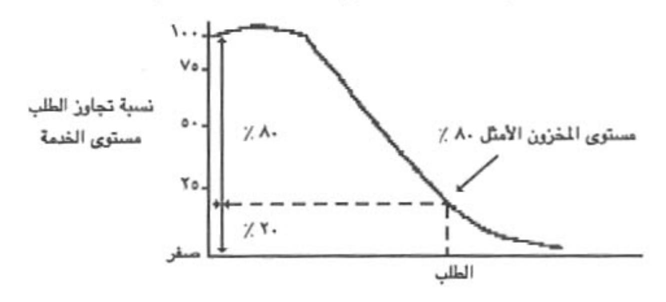
أى أن مستوى الخدمة (م د) يساوى :

$$م\,د = \frac{ك\,ن}{ك\,ن + ك\,ز} \quad \text{.............} \quad (٨-٤٠)$$

وفى مثالنا نفسه نلاحظ :

$$م\ د = \frac{٠,٨٠}{٠,٨٠ + ٠,٢٠} = ٠,٨٠$$ أو ٨٠٪ . (انظر الشكل ٨-٩)

الشكل رقم (٨-٩) : توزيع الاحتمال المتراكم للطلب



ولتوضيح استخدام هذا النموذج فإن المثال (٨-٧) يوضح كيفية تطبيقه :

مثال (٨-٧) :

شركة لديها فرصة شراء أحد المنتجات التى ترتبط بمناسبة التخرج من الجامعة بكلفة (٨) دنانير وبيعه بسعر (٣٥) ديناراً ، ومن المتوقع بعد انتهاء المناسبة أن تبيع المنتوج بسعر (٢٢,٥) دينار ، وقد وضعت الشركة فى ضوء البيانات المأخوذة من سجلاتها الجدول الآتى .

الطلب (ط) بالأوزان	احتمال معدل الطلب ح (طَ)	الاحتمال التراكمى للطلب ح (ط)
٤ فأقل	صفر	١,٠٠
٥	٠,١٠	١,٠٠
٦	٠,١٥	٠,٩٠
٧	٠,٢٥	٠,٧٥
٨	٠,٢٠	٠,٥٠
٩	٠,١٥	٠,٣٠
١٠	٠,١٠	٠,١٥
١١	٠,٠٥	٠,١٠
١٢ فاكثر	صفر	صفر

المطلوب : تحديد مستوى المخزون الأمثل .

الحل :

كلفة الزيادة (ك ز) = كلفة الشراء – قيمة التعويض
= ٢٨ – ٢٢,٥ = ٥,٥٠ دينار .

كلفة النقص (ك ن) = السعر – كلفة الشراء
= ٣٥ – ٢٨ = ٧ دنانير .

احتمال الطلب الذى يتم عنده تحديد مستوى المخزون الأمثل هو :

$$ح\,(ط) = \frac{ك\,ز}{ك\,ز + ك\,ن} = \frac{٥,٥}{٥,٥ + ٧} = ٠,٤٤$$

مستوى الخدمة (م د) = ١– ح (ط) = ١ – ٠,٤٤ = ٠,٥٦ (انظر الجدول السابق)

من الجدول السابق يمكن أن نحدد مستوى المخزون الأمثل عند ح (ط) =٠,٤٤ ؛ حيث إنه لا يوجد احتمال متراكم متطابق ؛ لهذا نختار القيمة الأعلى ، أى حيث احتمال الطلب أعلى وهو عند (٨) درازن .

٨-١٤- مستويات المخزون المستمرة والمنفصلة :

إن مستوى الخدمة كما أشرنا يعبر عن احتمال أن الطلب الفعلى لن يتجاوز المخزون الموجود ، وهو الحالة المكملة لمخاطرة نفاد المخزون (النقص) ، وتفرض فيما يأتى وبشكل موجز مستوى المخزون فى حالتين : مستويات المخزون المستمرة ومستويات المجزون المنفصلة .

أولاً : مستويات المخزون المستمرة (Continuos Stocking Levels)

عندما يكون الطلب متماثلاً وموزعًا توزيعًا طبيعيًا ؛ فإن مستوى الخدمة يتراوح بين نهايتين : الأولى تمثل الزيادة فى مستوى الخدمة (وجود وحدات إضافية بكلفة أكبر من

كلفة النقص وفق التحليل الحدى) والنهاية الثابتة تمثل إنهاء مستوى الخدمة عندها (نقص فى الوحدات بكلفة إضافية هى كلفة النقص أكبر من كلفة الوحدة عند زيادة مستوى الخدمة ؛ لهذا يكون مستوى الخدمة المطلوب عند مستوى المخزون الأمثل الذى يتجنب النهايتين المتطرفتين ويحقق التوازن بينهما . وعلى هذا الأساس وكما أشرنا سابقًا فإن مستوى المخزون الأمثل يمكن تحديده عند مستوى الخدمة وفق الصيغة التى تم تحديدها فى المعادلة (٨-٤٠) .

من الواضح أنه فى حالة تجاوز الطلب الفعلى للمخزون يكون هناك النقص وكلفته (ك ن) وهو عند النهاية اليمنى للتوزيع الطبيعى (حيث مخاطرة نفاد المخزون) ، وإذا قل الطلب الفعلى عن كمية المخزون ؛ تكون هناك وحدات زائدة وكلفتها (ك ن) وهى عند النهاية اليسرى للتوزيع .

لنفرض أن إحدى الصيدليات تستخدم عقاراً عليه طلب عالٍ يتوزع توزيعًا طبيعيًا وبمتوسط (٥٠) علبة فى اليوم وانحراف معيارى (١٠) وحدات ، وأن كلفة الزيادة للوحدة (١,٥٠) دينار ، وكلفة النقص (٠,٣٠) دينار للوحدة ، أوجد مستوى المخزون الأمثل إذا كانت فترة التوريد (٤) أيام .

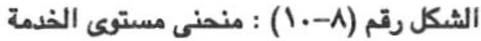
الحـــل :

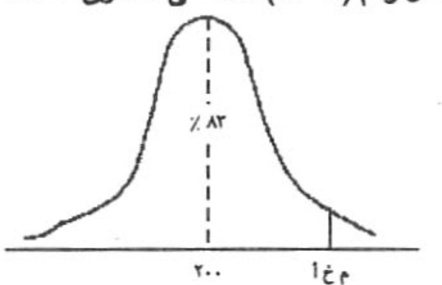
$$\text{مستوى الخدمة} = \frac{\text{ك ن}}{\text{ك ن + ك ز}} = \frac{١,٥٠}{١,٥٠ + ٠,٣٠} = ٠,٨٣٣$$

إن مستوى الخدمة يشير إلى أن (٠,٨٣٣) من المساحة تحت المنحنى الطبيعى ينبغى أن تكون إلى يسار مستوى المخزون ، وأن مستوى الخدمة (٠,٨٣٣) ومن الملحق (أ) نجد أن (م = ٠,٩٧) ، إذن :

مستوى المخزون الأمثل (م خ أ) = (٥٠ X ٤) + (٠,٩٧) ١٠

= ٢٠٩,٧ × ٢١٠ وحدات . (انظر الشكل رقم ٨-١٠)


الشكل رقم (٨-١٠) : منحنى مستوى الخدمة



ثانيًا : مستويات المخزون المنفصلة (Discrete Stocking Levels)

فى هذه الحالة تكون مستويات المخزون منفصلة بدلاً من كونها مستمرة ، ويحسب مستوى الخدمة فى هذه الحالة أيضًا باستخدام المعادلة (٨-٤٠) ومطابقة الناتج مع فئة الاحتمال المتراكم ، وفى حالة عدم التطابق مع فئة معينة (أى وقوع ناتج الصيغة المذكورة بين فئتين للاحتمال التراكمى ؛ يتم اختيار فئة التراكم الأعلى . ولنفرض أن شركة تتعامل مع مادة ذات خصوصية ، حيث يتباين الطلب عليها ، ولكنه يتوزع توزيعًا طبيعيًا ، ومن دراسة سجلات الشركة ظهر أن الطلب اليومى يتراوح بين (٣-١٠) وبعد إجراء الحاسبات تم إعداد الجدول رقم (٨-١١) وكانت كلفة النقص للوحدة (٠,٦٠) دينار وكلفة الزيادة (٠,١٥) دينار . حدد مستوى المخزون الأمثل ، إذا كانت فترة التوريد (٤) أيام .

الجدول رقم (٨-١١) : بيانات الشركة عن الطلب وعدد الأيام

الطلب اليومى	عدد أيام العمل	الطلب اليومى × عدد أيام العمل	احتمال الطلب اليومى	الاحتمال التراكمى للطلب اليومى
٣	١٧	٤٨	١٦\٢٤٠ = ٠,٠٦٧	٠,٠٦٧
٤	٧٤	٢٩٦	٠,٣٠٨	٠,٣٧٥
٥	٨٤	٤٢٠	٠,٣٥٠	٠,٧٢٥
٦	٤٦	٢٧٦	٠,١٩٢	٠,٩١٧
٧	٨	٥٦	٠,٠٣٣	٠,٩٥٠
٨	٦	٤٨	٠,٠٢٥	٠,٩٧٥
٩	٤	٣٦	٠,٠١٧	٠,٩٩٢
١٠	٢	٢٠	٠,٠٠٨	
	٢٤٠	١٢٠٠ (الطلب السنوى)	١,٠٠٠	١,٠٠٠

يلاحظ أن الاحتمال التراكمى فى هذا الجدول قد تم ترتيبه تصاعدياً فى حين أن هذا الترتيب فى المثال (٨-٧) قد تم بشكل تنازلى ، وهذا لا يغير من النتائج ولكنه يؤثر على تحديد القيمة الأعلى .

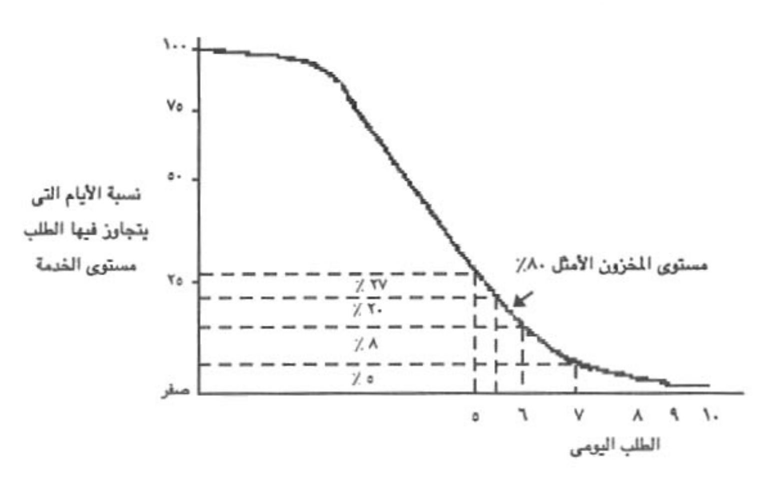
نحسب مستوى الخدمة حيث (ك ن) = ٠,٦٠ و(ك ز) = ٠,١٥

$$\text{مستوى الخدمة} = \frac{٠,٦٠}{٠,٦٠ + ٠,١٥} = ٠,٨٠ \quad \text{أو} \quad ٨٠\%$$

إن مستوى الخدمة يؤثر على عمود الاحتمال التراكمى ؛ فينبغى أن توفر الشركة يومياً (٦) وحدات (يلاحظ أن مستوى التخزين لم يقع على فئة معينة ، وإنما بين فئتين ؛ لذا يجب اختيار المستوى الأعلى أى ٠,٩١٧) . وحيث إن فترة التوريد (٤) أيام ؛ فإن مخزون الأمان الذى يكون مطلوباً مقداره (٤ × ٦= ٢٤ وحدة) ؛ ليضمن أن نفاد المخزون أو النقص لن يظهر باحتمال (٠,٩١٧) وهو أكبر من (٠,٨٤) (انظر الشكل ٨-١٢) .

وإذا أرادت الشركة ضمان مستوى خدمة (١٠٠٪) ؛ فإن هذا سيعنى أن على الشركة أن تحتفظ بمخزون أمان مقداره (٤ X ١٠ = ٤٠ وحدة) ، أما إذا أرادت أن يكون مستوى الخدمة (٧٠٪) ؛ فإن مخزون الأمان سيكون عند فئة الطلب اليومى (٥) وحدات وبمخزون أمان (٤×٥ = ٢٠ وحدة) . كما يلاحظ من الشكل (٨-١٧) أن التحسين فى مستوى لخدمة المطلوب يكون غير متناسب مع مخزون الأمان عند زيادة وحدة إضافية فى هذا المخزون ، فبينما الوحدة الإضافية من (٥) إلى (٦) يرفع مستوى الخدمة من (٠,٧٣) إلى (٠,٩٢) فإن الوحدة الاضافية من (٦) إلى (٧) لا تحسن مستوى الخدمة إلا بمقدار أقل كثيراً مما أضافته الوحدة السابقة ، أى من (٠,٩٢) و(٠,٩٥) ، وأن الوحدة الإضافية من (٧) إلى (٨) تكون الزيادة أقل فى مستوى الخدمة من (٠,٩٥) إلى (٠,٩٧) ؛ حتى نصل إلى أن الوحدة الإضافية (٩) إلى (١٠) لا تضيف سوى نسبة ضئيلة جداً من مستوى الخدمة حوالى (٠,٠٠٨) .

الشكل رقم (٨ – ١٢) : توزيع الاحتمال التراكمى للطلب اليومى



٨-١٥- نظام (أ ب ج)

إن نماذج المخزون التى قمنا بعرضها تتعامل مع منتوج واحد أو مادة واحدة ، وعند تعدد المنتجات أو المواد ، فإن ذلك يتطلب احتساب كمية الطلبية الاقتصادية ونقطة إعادة الطلب لكل مادة أو منتوج ، أو أن يتم تحديد المواد أو المنتجات الأكثر أهمية واحتساب كمية الطلبية الاقتصادية لضمان السيطرة عليها فى حين معالجة المواد الأخرى الأقل أهمية والأكثر عدداً بطريقة أقل تعقيداً وبرقابة أدنى . وتحليل أ ب ج (ABC Analysis) يقدم أداة مهمة لتصنيف المواد حسب أهميتها ؛ ليتم إعطاء أقصى اهتمام للفئة الأكثر أهمية وإعطاء اهتمام أقل للفئات الأخرى .

إن تحليل (أ ب ج) يستخدم للسيطرة على المخزون فى الشركات التى تستخدم مئات وربما آلاف الأنواع من المواد ، وذلك بتصنيف مواد المخزون إلى ثلاث فئات أساسية على أساس معيارين الأول : هو القيمة أو معيار المبيعات الدينارية والثانى : هو معدل الاستخدام السنوى ، وهذه الفئات هى :

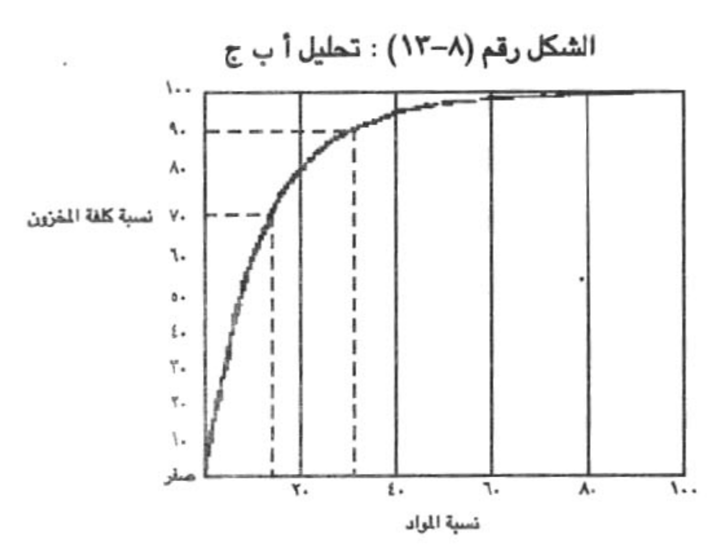
الفئـة (ا) : عـادة لاتمثل إلا فى حـدود (١٠٪) من حـجم المواد الموجـودة ، إلا أن كلفتـها تتمثل فى حدود (٧٠٪) من مجموع كلفة المخزون ، وهذه يجب أن تحظى باهتمام وسيطرة عاليين .

الفئة (ب) : تمثل حوالى (٢٠٪) من حجم المواد الموجودة ، إلا أن قيمتها أو مبيعاتها تمثل (٢٠٪) من مجموع كلفة المخزون ، وهذه تتطلب اهتمام وسيطرة متوسطين .

الفئة (جـ) : تمثل حوالى (٧٠٪) من حجم المواد الموجودة ، إلا أن قيمتها متواضعة لا تزيد على (١٠) من مجموع كلفة المخزون ، ولا تتطلب إلا رقابة محدودة .

والشكل رقم (٨-١٣) يوضح هـذه الفئات باستخدام منحنى باريتو (Pareto Curve) الذى يساعد على تصنيف المواد المخزونة وتحديد الفئات (أ) و(ب) و(ج) .

الشكل رقم (٨-١٣) : تحليل أ ب ج



كما يمكن استخدام نظام (أ ب جـ) عن طريق التوصل إلى كلف المخزون ، ومن ثم تصنيفها وذلك باتباع الخطوات الآتية :

أ - تحديد عدد الأنواع فى المخزون .

ب - تحديد كلفة الوحدة من كل نوع .

ج - تحديد الطلب السنوى على كل نوع من هذه الأنواع .

د - استخراج الكلفة الكلية السنوية لكل مادة من هذه المواد .

هـ ترتيب هذه المواد تنازليًا حسب كلفتها الكلية .

و - تصنيف المواد إلى الفئات الثلاث (أ ب ج) على أساس النسب المذكورة سابقًا .

إن الجدول رقم (٨-١٤) يمكن تنظيمه لمواد المخزون وعددها (١٠) مواد ، والطلب السنوى عليها وكلفة الوحدة والكلفة الكلية السنوية (دينار) بعد ترتيبها تنازليًا ، حيث يمكن تصنيفها بعد ذلك إلى الفئات (أ ب ج) المحسوبة من الجدول .

الجدول رقم (٨-١٤) : مواد المخزون حسب الطلب والكلفة

المواد	الطلب السنوى	كلفة الوحدة	الكلفة الكلية السنوية (دينار)
١	٥٠	٨٥٠	٤٢٥٠٠
٢	٤٠	٧٥٠	٣٠٠٠٠
٣	٦٠	١٥٠	٩٠٠٠
٤	٨٠	١٠٠	٨٠٠٠
٥	٥٠	١٢٠	٦٠٠٠
٦	١٠٠	٤٠	٤٠٠٠
٧	١٥٠	٢٠	٣٠٠٠
٨	٨٠	١٢	٩٤٠
٩	٦٠	١٥	٩٠٠
١٠	٥٠	١٥	٩٥٠
			١٠٥٢٩٠

ومن الجدول أعلاه يمكن تصنيف هذه المواد فى الفئات (أ ب ج) وكما مبين فى الجدول رقم (٨-١٥) .

الجدول رقم (٨-١٥) : المواد مصنفة حسب الفئات أ ب ج

الفئات	المواد	الكلفة الكلية السنوية	نسبتها
أ	(٢،١)	٧٢٥٠٠	٦٨،٩
ب	(٥،٤،٣)	٢٣٠٠٠	٢١،٨
جـ	(١٠،٩،٨،٧،٦)	٩٧٩٠	٩،٣
		١٠٥٢٩٠	١٠٠،٠

ويمكن أن نشير فى ضوء الجدول (٨-٢٠) إلى أن إدارة المخزون تستفيد من تحديد الفئات الثلاث (أ ب ج) ، والمواد التى تدخل فيها فى ترشيد جهودهما من خلال مايأتى :

- توجيه جهودها الإدارية والرقابية القصوى للفئة (أ) .
- توجيه جهودها الإدارية والرقابية المتوسطة للفئة (ب) .
- توجيه جهودها الإدارية والرقابية الأدنى للفئة (ج) .

الأسئلة :

١ - ما هى الأسباب المؤدية إلى الاحتفاظ بالمخزون ؟

٢ - ماهى أنواع المخزون وما هو النوع أو أنواع المخزون التى تستخدم فى نماذج كمية الطلبية الاقتصادية ؟

٣ - ما هى الكلف المترافقة مع المخزون ، ومتى تظهر كلفة النقص ؟

٤ - ما هى الافتراضات الأساسية بالنسبة إلى :
أ - النموذج الأساسى لكمية الطلبية الاقتصادية .
ب - نموذج كمية الطلبية الاقتصادية مع الطلبيات المؤجلة .

٥ - لماذا لا يتم الاهتمام بالسعر فى النموذج الأساسى لكمية الطلبية الاقتصادية ؟

٦ - ما هو رأيك فى النقد الذى يوجه لنموذج كمية الطلبية الاقتصادية بأنه يميل إلى التضليل الناتج عن أن قيم الطلب السنوى وكلفة الطلبية وكلفة الاحتفاظ هى فى أحسن الأحوال تخمينات ؟

٧ - وضّح ما هى العلاقة بين نقطة إعادة الطلب وفترة التوريد والطلب الثابت .

٨ - وضّح ماذا نعنى بالآتى :
أ - فترة التوريد .
ب - الطلبيات المؤجلة .

جـ – مستوى الخدمة .

د – نقطة إعادة الطلب .

٩ – تحت أية ظروف يكون مخزون الأمان :

أ – كبيراً .

ب – صغيراً .

جـ – صفراً .

١٠– ماذا نعنى بالآتى :

أ – نموذج الفترة الوحيدة .

ب – نظام (أ ب ج) .

ج – فترة الحماية .

د – تحليل الحساسية فى نماذج المخزون .

١١ – وضح كيف نستخدم التحليل الحدى فى مخزون الأمان ؟

١٢ – ماذا نعنى بمخاطرة نفاد المخزون وما علاقته بمستوى الخدمة ؟

١٣ – لماذا يظهر نفاد المخزون فى فترة التوريد ؟

١٤ – لماذا تستخدم الشركة تصنيف المواد وفق نظام (أ ب ج) ؟

١٥– كيف يستخدم نظام (أ ب ج) فى نموذج كمية الطلبية الاقتصادية ؟

١٦– وضح ماهى مستويات المخزون المستمرة والمنفصلة ؟

التمارين :

١ – تستخدم إحدى الورش نوعاً من الزيوت بمعدل (٢٠٠) عبوة فى اليوم ، وكان عدد أيام العمل فى السنة (٣٠٠) يوم ، وكلفة الطلبية (٣٠) ديناراً ، وكلفة الاحتفاظ بالعبوة الواحدة فى السنة (٠,١) دينار وسعر العبوة (٣) دنانير .

م / أ – تحديد كمية الطلبية الاقتصادية .

ب – احتساب الكلفة الكلية السنوية للمخزون .

٢ – شركة الوطن للصناعة الجلدية تستخدم مادة صمغية تدخل فى صناعة منتجاتها ، وكان الطلب السنوى (١٠) آلاف وحدة ، وكلفة الطلبية (٥٠) ديناراً ، وكلفة الاحتفاظ (٠,٢٠) دينار من كل دينار مستثمر فى متوسط المخزون ، كما كان سعر الوحدة (١٠) دنانير وفترة التوريد (٦) أيام .

م / أ – تحديد كمية الطلبية الاقتصادية .

ب – احتساب متوسط المخزون وحده الأعلى والأدنى .

ج – تحديد نقطة إعادة الطلب .

د – تحديد طول دورة الطلبية (المخزون) .

هـ – احتساب الكلفة الكلية للمخزون .

٣ – فى التمرين (٢) أعلاه وبعد مراجعة السجلات وإجراء الحسابات – ظهر أن كلفة الاحتفاظ كانت (٠,١٠) دينار بدلاً من (٠,٢٠) . وضح ما تأثير هذا الخطأ باحتساب كلفة الاحتفاظ على الكلفة الكلية مقارنة بنسبة الخطأ ، ولماذا ؟

٤ – الشركة العامة للزيوت النباتية تقوم بتوزيع أحد منتجاتها فى السوق بعد أن تكون قد غطت احتياج معرض الشركة للبيع المباشر من ذلك المنتوج . وكان معدل إنتاج الشركة اليومى (٣٠٠) وحدة ، ووجد معرض الشركة يحتاج إلى (١٥٠) وحدة فى اليوم ، ولتغطية احتياجاته كان يستخدم كمية الطلبية (١٠٠٠) وحدة على أساس التوريد غير الفورى وسياسة الشركة تقوم على أسبقية التوريد للمعرض وتوزيع الزائد من إنتاجها فى السوق عن طريق وكلائها . وكانت كلفة الطلبية (٤٠) ديناراً وكلفة الاحتفاظ بالوحدة (٠,٢٥) دينار ، وعدد أيام العمل فى السنة (٣٠٠) يوم

م / أ – احتساب كمية الطلبية الاقتصادية .

ب – مقارنة الكلفة الكلية على أساس كمية الطلبية الاقتصادية مع الكلفة الكلية على أساس كمية الطلبية فى المعرض .

ج – تحديد دورة المخزون (الطلبية) وفترة التوريد ورسم ذلك بيانياً .

٥ – شركة لتوزيع الأسمدة ظهر من سجلاتها أن معدل الطلب اليومى (٥٠٠) كيس ، وكانت كلفة الاحتفاظ بالكيس الواحد فى السنة (٢٠٪) وكلفة الطلبية (٦٠) ديناراً ،

وكان سعر الشراء للكيس الواحد (١٠) دنانير ، وكانت سياسة الشركة تقدر كلفة نقص الوحدة الواحدة بـ(٣) دنانير وعدد أيام العمل (٢٨٠) يوماً فى السنة .

م / أ - ما هى كمية الطلبية الاقتصادية ؟

ب - ما هى الكلفة الكلية السنوية للمخزون ؟

٦ - شركة الأمل تستطيع الحصول على خصم الكمية على طلبياتها من مادة معينة كما فى الجدول الآتى :

فئات السعر (دينار)	الكمية (وحدة)
٦,٠	أقل من ٢٥٠
٥,٩	٢٥٠ إلى أقل من ٨٠٠
٥,٨	٨٠٠ إلى أقل من ٢٠٠٠
٥,٧	٢٠٠٠ إلى أقل من ٤٠٠٠
٥,٦	٤٠٠٠ فأكثر

كان الطلب السنوى على المادة فى الشركة (٤٠٠٠) وحدة ، وكلفة الاحتفاظ هى (٢٠٪) من كلفة الوحدة فى السنة وكلفة الطلبية (٦) دنانير .

م / احتساب كمية الطلبية الأفضل التى تحقق الكلفة الكلية الأدنى .

٧ - تاجر جملة يتسم الطلب على إحدى السلع التى يتعامل معها بالتغير ، ومن مراجعة بيانات المبيعات ؛ ظهر أن متوسط الطلب اليومى (٥٠٠) وحدة وانحرافه المعيارى (٢٠) ، حيث كان الطلب يتوزع توزيعاً طبيعياً ، وكانت فترة التوريد ثابتة (٥) أيام فى كل طلبية ، وكان التاجر يفضل العمل بمستوى مخاطرة نفاد المخزون من هذه المادة (٥٪) .

م / احسب نقطة إعادة الطلب وكمية المخزون التى يحتفظ بها هذا التاجر .

٨ - إن التاجر فى التمرين السابق كان يتعامل مع مادة أخرى ، ومعدل الطلب عليها ثابت (١٥٠) وحدة فى اليوم إلا أن فترة التوريد متغيرة بمتوسط (٦) أيام وانحراف معيارى يومان ، وكان الطلب وفترة التوريد يتوزعان توزيعاً طبيعياً ،

وكلفة الاحتفاظ بالوحدة (٢٠٪) وسعر الوحدة (٧,٥) دينار وكلفة الطلبية (٥٠) ديناراً ، وكان عدد أيام العمل فى السنة (٣٠٠) يوم ، ومستوى الخدمة المرغوب فى تلبية الطلبات على هذه المادة (٩٧٪) .

م / أ - احسب كمية الطلبية الاقتصادية .

ب - ما هى نقطة إعادة الطلب ومخزون الأمان الذى يجب الاحتفاظ به ؟

ج - ما هو مستوى الخدمة عند نقطة إعادة الطلب التى تساوى (١٤٥٠) وحدة ؟

٩ - إن التاجر نفسه فى التمرينين (٧) و(٨) يستخدم مادة آخر تتسم بالتغير الكبير فى الطلب وفترة التوريد ، ومن بيانات الفترات الماضية ظهر أن متوسط الطلب (٢٠٠) وحدة وبانحراف معيارى (٢٠) وحدة ، ومتوسط فترة التوريد (٨) أيام وبانحراف معيارى (٣) أيام ، وكلاهما يتوزعان توزيعًا طبيعيًا تقريبًا ، وكانت كلفة الطلبية (٤٠) ديناراً وكلفة الاحتفاظ بالوحدة (٠,٥) دينار ، وكان مستوى الخدمة المرغوب (٩٠٪) .

م / أ - احتساب نقطة إعادة الطلب ومخزون الأمان الذى يجب الاحتفاظ به .

ب - احتساب الكلفة الكلية للمخزون علمًا بأن عدد أيام العمل فى السنة (٣٠٠) يوم .

١٠- شركة للطباعة الحديثة متوسط الطلب (٢٠) لفة ورق فى اليوم وبانحراف معيارى (٢) لفة ، وكانت فترة التوريد (٦) أيام ، وهى مع الطلب تتوزع توزيعًا طبيعيًا ، وكلفة نفاد المخزون (٢٠) ديناراً لكل لفة وكلفة الطلبية (١٠٠) دينار ، وكلفة الاحتفاظ باللفة الواحدة (٣) دنانير ، وكلفة الوحدة الواحدة (٨٠) ديناراً . وكان عدد أيام العمل فى السنة (٢٧٠) يوماً .

م / أ - ما هى كمية الطلبية الاقتصادية ؟

ب - ما هو مستوى الخدمة المرغوب فى هذه الحالة ؟

ج - حدد نقطة إعادة الطلب ومخزون الأمان .

د - ما هى الكلفة الكلية للمخزون ، وماهى الكلفة الكلية لمخزون الأمان ؟

١١- مستشفى يستخدم إحدى مواد التعقيم بمتوسط (٣٠٠٠) عبوة فى السنة ، وكان الانحراف المعيارى للطلب فى فترة التوريد (١٢) وحدة ، والطلب السنوى وفترة التوريد يتوزعان توزيعاً طبيعياً تقريباً . وكمية الطلبية الاقتصادية (٣٠٠) وحدة ، وكان مستوى الخدمة الذى تعتمده سياسة المستسفى (٩٨٪) .

م / أ - احسب العدد المتوقع لوحدات النقص فى الطلبية .

ب - احسب العدد المتوقع لوحدات النقص فى السنة .

ج - حدد ما هو العدد المتوقع لوحدات النقص عند مستوى الخدمة (٩٠٪) .

١٢- فى التمرين السابق كانت كلفة الطلبية (٤٠) ديناراً ، وكلفة الاحتفاظ (٠,٢) دينار ، وعدد أيام العمل فى السنة (٣٠٠) دينار ، والانحراف المعيارى للطلب (١٥) ، والمخزون الموجود عند إعادة الطلب (٦٠) وحدة .

م / أ - احسب فترة الطلبية المثلى .

ب - حدد كمية الطلبية المطلوبة فى الحالة المذكورة .

١٣- صنف مفردات المخزون فى الجدول الآتى باستخدام نظام (أ ب جـ) .

المفردة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١
الطلب السنوى	٥٠٠	٢٥٠٠	٩٥٠	٥٠٠	١٢٥٠	١٢٥٠	٢٠٠	٢٥٠	١٠٠	٥٠٠	١٥٠٠
كلفة الوحدة (دينار)	٤٣٠٠	٧٢٠	٥٠٠	٧١٠	٢٥٠	١٩٢	٢٠٠	١٠٠	٢١٠	٣٥	١١

المراجع :

1 - H.Bierman, JR . et al., Quantitative Analysis for Business Decision, Richard D. Irwin Homewood, Illinois,1981.

2 - E.S.Buffa, Modern Production Management, John Willy and Sons, New York, 1983.

3 - M. M.Chen and D.G.Dannenbring, Management Science : An Introduction, McGraw Hill Co. New York, 1982.

4 - T. M.Cook and R. A. Russell, Contemporary Operations Management : Text and Cases, Printice - Hall Inc. New Jersey, 1980.

5 - J. B. Dilworth, Production and Operations Management, McGraw Hill Publishing Co. New York, 1989 .

6 - T. J. Hay, The Just-In-Time Breakthrough, John Willy and Sons, New York, 1988.

7 - L. J. Krajewski and L. P. Ritzman, Operations Management, Addison-Wesley Publishing Co Reading, Massachusette,1996.

8 - N. P. Loomba, Management : A Quantitative Perspective, Macmillan Publishing Co. New York. 1979.

9 - S. F. Love, Inventory Control, McGraw Hill International Book Co. Tokyo 1979.

10- R. E. Markland, Topics in Management Science, John Willy and Sons, New York, 1979.

11- R. Peterson and E. A. Silver, Decision System for Inventory Management and Production Planning, John Willy and Sons, New York, 1979.

12- R.Schroeder, Operations Management, McGraw Hill Publishing Co. New York. 1989.

13- M.K.Starr, Managing Production and Operations, Printice-Hall Inc, New Jersey, 1989.

14- W. J. Stevenson, Production\Operations Management, Irwin Homewood, Boston, 1990.

15- H. A. Taha, Operations Research : An Introduction, Macmillan Publishing Co New York. 1989.

16- N. L.Wu and J. A. Wu, Introduction to Management Science : A Contemporary Approach, Rand McNally College Publishing Co. Chicago, 1980.

الفصل التاسع : تخطيط الاحتياجات من المواد (MRP)



٩-١- المدخل :

إن التخطيط والسيطرة على الاحتياجات من المواد يمثل جوهر أنظمة الإنتاج ، وبفعل ما تمثله المواد من أهمية كبيرة ونسبة عالية من مجموع تكاليف الإنتاج ؛ فإن التخطيط والسيطرة عليها يمثل أساسًا فى نجاح إدارة العمليات فى تحقيق أهدافها بزيادة كفاءة استغلال الموارد أو خفض المخزون ، وتحسين خدمة الزبائن من خلال التسليم فى المواعيد المحددة وتقليص التأخيرات .

إن نظام تخطيط الاحتياجات من المواد (Material Requirement Planning) ومختصره (MRP) هو واحد من ثلاثة أنظمة حديثة فى الإنتاج . والنظامان الآخران هما : نظام الوقت المحدد (Just-In-Time) وتكنولوجيا الإنتاج المثلى (Optimized Production Technology) . وهذه الأنظمة تتنافس فيما بينها كأنظمة كفئة فى التخطيط والجدولة والسيطرة على الإنتاج ووضع الطلبيات ، وخفض المخزون إلى الحد الأدنى لتحقيق الميزة التنافسية فى البيئة الصناعية الحديثة .

إن تخطيط الاحتياجات من المواد نظام تم تطويره فى خط العمل الساخن فى الصناعة وليس من قبل الباحثين والأكاديميين ؛ فقد وجدت تطبيقات صناعية عديدة لهذا النظام قبل سنوات من وجوده فى المقررات الأكاديمية ؛ حيث كان يعالج بكفاءة عالية مشكلات مهمة فيما يتعلق بالحصول على المواد المطلوبة بالكميات المطلوبة وبالوقت المطلوب بعيدًا عن نماذج المخزون ، وبخاصة نماذج نقطة إعادة الطلب التى تولد طلبيات بحجم ثابت حتى فى فترات عدم وجود طلبية (أى الطلب صفر) ؛ مما يؤدى إلى تحمل كلفة عالية للاحتفاظ بالمخزون ، ولقد تم استخدام هذا النظام فى أواخر الستينيات ، واكتسب شعبية كبيرة فى السبعينيات بعد حملة تخطيط الاحتياجات من المواد التى قامت بها الجمعية الأمريكية للسيطرة على الإنتاج والخزين (APICS) وأنصاره المتحمسين مثل أورلكى وبلوسل (J.A.Orlicky and G.W.Plossl) . فخلال الفترة من (١٩٧١-١٩٧٦م) ازداد عدد الشركات التى أخذت بهذا النظام من (١٥٠) شركة إلى (١٠٠٠) شركة خاصة ، وإن شركة (IBM) دعمت استخدام هذا النظام ، وذلك بتنفيذ ما أسمته بنظام السيطرة المتكامل على الصنع بمساندة الحاسبة (COPICS) .

ولأن نظام تخطيط الاحتياجات من المواد يساعد على الإجابة بكفاءة عن أسئلة مهمة مثل : كم يطلب من المواد الضرورية فى إنتاج كل جزء ، ولماذا يطلب ، ومتى يطلب ؟ وما هى الطلبيات المفتوحة وحجم المخزون المتاح ... إلخ ، كما أن منطق المعالجة فى هذا النظام يحدد بدقة عالية الاحتياجات الكلية والصافية من المواد ، وبالتالى الملاءمة الفعالة بين هذه الاحتياجات والسعة – لهذا كله فقد بذلت جهود كبيرة لتوسيع هذا النظام واستخدامه فى مجالات أوسع ، كما فى تطوير نظام تخطيط الموارد الصناعية (Manufacturing Resource Planning) ومختصره (MRP) ، ومجالات أخرى كما فى تخطيط موارد التوزيع (Distribution Resource Planning) .

٩-٢- رؤية كلية لتخطيط الاحتياجات من المواد :

فى أواخر عقد الستينيات شهد الاقتصاد الأمريكى تباطؤًا ملحوظًا فى النمو وإخفاقات واضحة فى قطاع الأعمال ؛ جراء انخفاض الإنتاجية وظهور المنافسة الأوربية واليابانية . ومع تزايد شعور الشركات الأمريكية بالإخفاق فى تصميم المنتجات وتدنى الجودة والإخفاق فى تحقيق رضا الزبائن بعد أن تزايدت شكواهم ؛ أصبحت هذه الشركات على استعداد لتبنى أية أداة أو نظام جديد فى الإنتاج من أجل مواجهة هذه الظروف بكفاءة أكبر . فى هذه الظروف ظهر نظام تخطيط الاحتياجات من المواد (MRP) ؛ ليقدم وسيلة فعالة فى تخطيط وجدولة الإنتاج والسيطرة على حركة المنتجات والأجزاء والمواد فيه . وفى إطار عملية تخطيط الإنتاج ؛ فإن نظام (MRP) يمثل حلقة أساسية لربط خطة الإنتاج الإجمالية بتخطيط السعة . كما أن هذا النظام الذى استخدم بكفاءة عالية فى الإنتاج المتنوع حسب الطلب والمتعدد المراحل ؛ كان يعالج مشكلات معقدة فى جدولة العمليات ويتوصل إلى جدولة واقعية مرنة تساعد على تحقيق الاستجابة السريعة للتغيرات فى السوق ، وتحقيق الملاءمة الأفضل بين احتياجات السوق واحتياجات السعة . وبهذه الميزة فإن (MRP) كان يقدم مساهمة جدية فى

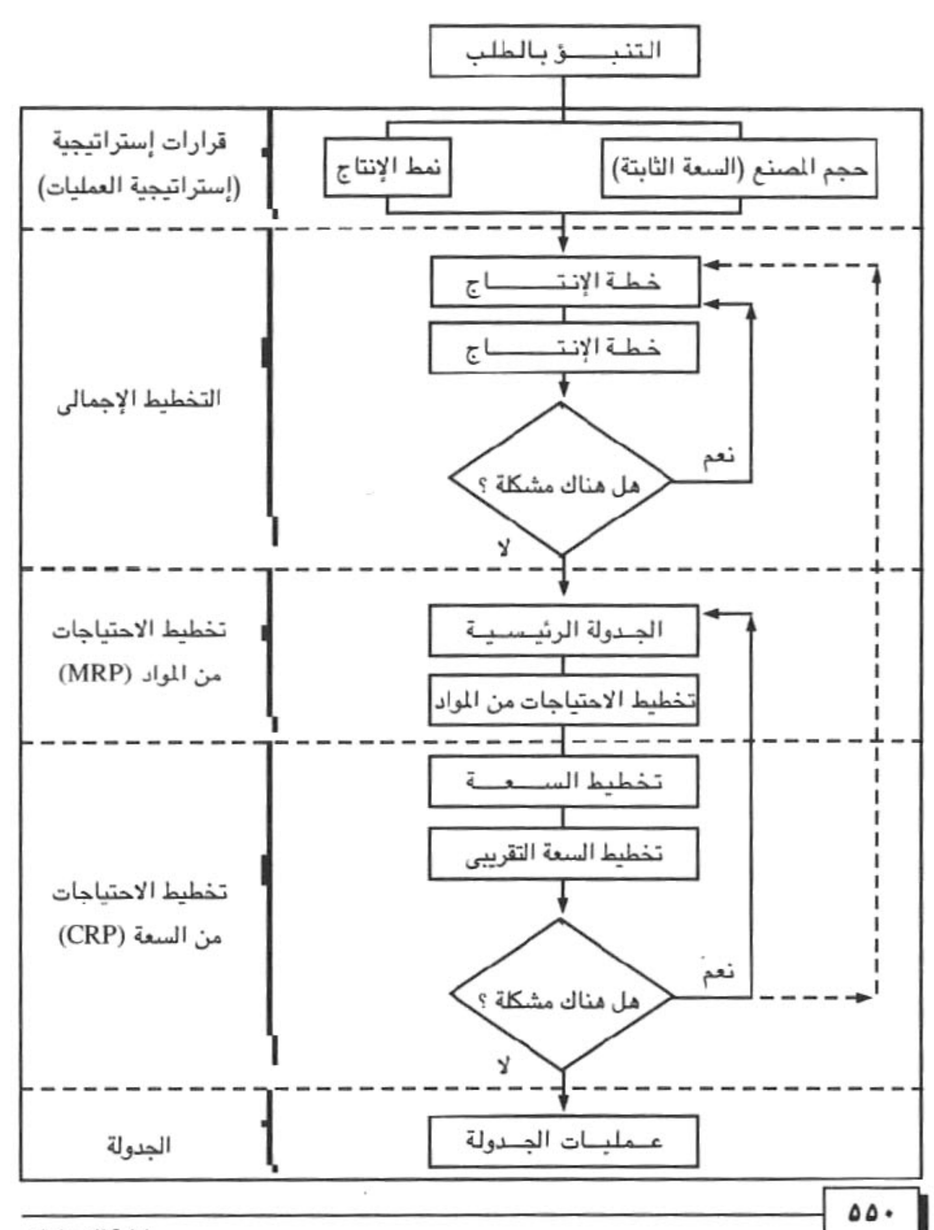
تحقيق الميزة التنافسية على المستوى الإستراتيجى . ولتوضيح ذلك ؛ نشير إلى أن نمط الإنتاج الواسع كان يحقق مزية كلفة الوحدة الأدنى ، ولكنه يعانى من عدم القدرة على التنوع فى الاستجابة وصعوبة الاستجابة للتغيرات فى السوق ، وفى المقابل كان نمط الإنتاج حسب الطلب (وكذلك حسب الوجبة) يتميز بالتنوع ، إلا أنه يعانى من ضعف الكفاءة ؛ مما ينعكس على كلفة الوحدة وزيادتها . إلا أن نظام (MRP) استطاع أن يقدم معالجة فعالة وواقعية وسريعة نسبيًا لمشكلات الجدولة من جهة وتقليص كلفة إنتاج الطلبيات من خلال خفض الخزين إلى الحد الأدنى ؛ وذلك بدقة توقيت استلام المواد والأجزاء من قبل مراكز العمل عند الحاجة إليها وتسليم الطلبيات فى مواعيدها المحددة ؛ مما يساعد على تحسين خدمة الزبائن من جهة أخرى .

إن الإنتاج المتنوع بكفاءة عالية يمثل نمط الإنتاج الحديث المطلوب فى سوق المنافسة ، وهذا ما يساهم فى تحقيقه هذا النظام الذى بقدر ما يتجاوز ما يدعى تفكير خط الإنتاج (Production-Line Thinking) الذى ساد النصف الأول من هذا القرن بدون منازع إلى تفكير خط الزبون (Customer-Line Thinking) ، وتحقيق ذلك بكفاءة ومرونة عالية . ويوضح الشكل رقم (٩ -١) نظام (MRP) وعلاقته بعملية تخطيط الإنتاج ، حيث يظهر من الشكل علاقته بإستراتيجية العمليات والتخطيط الإجمالى من جهة وبتخطيط احتياجات السعة وعمليات الجدولة .

٩-٣ - تخطيط الاحتياجات من المواد والطلب التابع :

يمكن التأكيد على أن نماذج المخزون تستخدم فى السيطرة على المخزون بكفاءة فى حالات كثيرة ، إلا أن هذه النماذج ، نماذج نقطة إعادة الطلب والتى تولد طلبية بحجم ثابت من المواد المخزونة باستمرار - تكون غير ملائمة فى حالة الإنتاج المتعدد المراحل والطلب التابع على المواد والأجزاء ، وفى مثل هذه الحالات ؛ فإن نظام (MRP) يكون هو الأكثر ملاءمة وكفاءة فى الاستخدام .

الشكل رقم (٩ -١) : عملية تخطيط الإنتاج وتخطيط الاحتياجات من المواد



ولتوضيح ذلك نشير إلى أن نماذج المخزون تتعامل مع كل مادة أو جزء كطلب مستقل قائم بذاته ، ويتم احتساب كمية الطلبية الاقتصادية له فى كل منتوج بشكل منفصل ، ولكن عندما تدخل تلك المادة أو ذاك الجزء فى أكثر من منتوج ، فليس من الجدوى الاقتصادية ألا تحسب الاحتياجات من المادة أو الجزء مرة واحدة فى جميع المنتجات التى تدخل فيها بغض النظر عن موقع استخدامها فى هذا المنتوج أو ذاك .

الواقع أن هذه المعالجة يقوم بها نظام (MRP) بكفاءة عالية ، ولنا أن نتصور أهمية هذه المعالجة التى يقدمها هذا النظام فى شركة كبيرة تقوم بالتعامل مع منتجات عديدة وكل منتوج يكون ذا مستويات متعددة من الأجزاء والمكونات المطلوبة بكميات متباينة فى مراحل الإنتاج المختلفة حيث تصبح السيطرة على هذه الأجزاء والمكونات المطلوبة بكميات متباينة فى مراحل الإنتاج المختلفة – مسألة معقدة وبالغة الصعوبة ونظام (MRP) يقوم بهذه السيطرة ببراعة وقدرة مع مخزون أقل وكلف احتفاظ أدنى .

كما أن نماذج المخزون تكون جيدة فى حالة الطلب المستقل ، والطلب المستقل هو الذى لا يرتبط بالطلب على مادة أخرى ، فهو إذن يتعلق بالمنتجات النهائية أو المواد المخزونة لغرض الإيفاء بطلب الزبون . وحيث إن الطلب المستقل غير معروف ؛ لذا يجب التنبؤ به ؛ وهذا ما يجعل نماذج الكمية الطلبية الاقتصادية هى الملائمة ، خلافًا لحالة الطلب التابع أو المشتق ، فمثلاً إن الطلب على السيارات (منتوج نهائى) يكون طلبًا مستقلاً ، فى حين أن الطلب على محركات السيارة أو الإطارات أو الأبواب يكون طلبًا تابعًا ؛ لأنه يرتبط ويعتمد على الطلب على السيارات .

وللتنبؤ بالطلب المستقل فى نماذج المخزون عادة ما تستخدم الطرق الإحصائية للتنبؤ ، كما يتم التعامل معه كطلب مستمر خلال الفترة التى يغطيها التنبؤ ، أى أن يتم توزيع الطلب المتنبأ به بصيغة المتوسط للفترات الجزئية التى يغطيها التنبؤ وخلافه فى حالة الطلب المنفصل أو المتكتل (Discrete or Lumpy) ؛ حيث إن الطلبيات قد لا تأتى بشكل منتظم والاحتياجات إلى الأجزاء عندئذ لا يمكن احتسابها كمتوسط فى كل الفترات ؛ فمثلاً عندما تكون هناك طلبية على جزء ؛ فإن الطلب يكون فى مستوى عالٍ ، وعندما لا تكون هناك طلبية ؛ فإن الطلب على الجزء يكون صفراً . إن نظام

(MRP) يراعى خصائص الطلب المتكتل ، ويطلب الأجزاء حسب الاحتياجات ، وليس حسب متوسطات إحصائية كما هو الحال فى الكمية الثابتة أو الفترة الثابتة فى نماذج المخزون ؛ لهذا فإن نظام (MRP) لا يعتمد على التقديرات . وإنما على جدولة الإنتاج الرئيسة فى تحديد احتياجات المنتوج النهائى وعلى استثماره أو قائمة المواد لتحديد الاحتياجات الكلية من الأجزاء المكون للمنتوج النهائى .

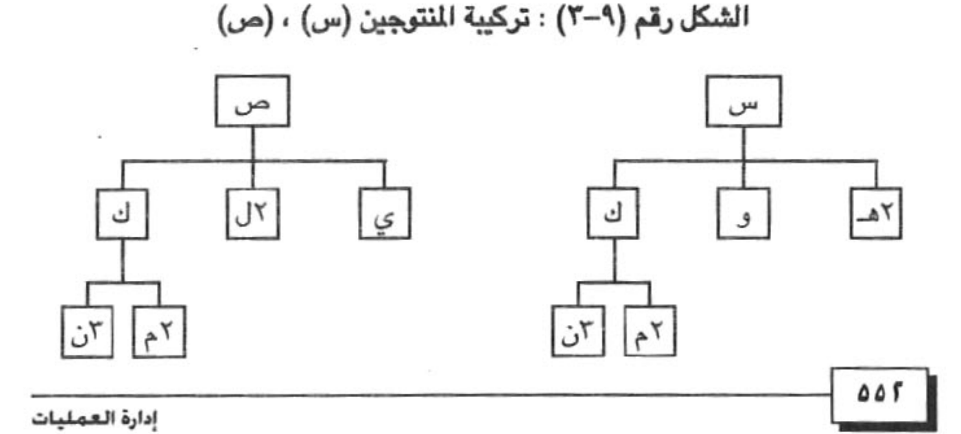
ولتوضيح هذه الجوانب لنفترض أن لدينا طلبيات على منتوجين (س) ، (ص) كما فى الجدول رقم (٩-٢) .

الجدول رقم (٩-٢) : الطلبيات على المنتوجين (س) و(ص)

الفترات	١	٢	٣	٤	٥	٦
المنتوج س	٣٠٠	١٥٠	٢٠٠	صفر	٥٠	١٠٠
المنتوج ص	٢٠٠	صفر	صفر	٣٠٠	٤٠٠	١٥٠

ولنفرض أن تركيبة المنتوجين هى كما فى الشكل رقم (٩-٣) .

الشكل رقم (٩-٣) : تركيبة المنتوجين (س) ، (ص)



يلاحظ من الشكل رقم (٩-٣) وجود أرقام إلى جانب الأجزاء ، وهى تشير إلى عدد وحدات الجزء اللازمة لكل وحدة من المنتوج .

وفى الشكل أيضًا نجد أن المنتوج (س) يتكون من ثلاثة أجزاء ، هى : الجزء (هـ) بوحدتين ، والجزء (و) والجزء (ك) بوحدة واحدة ، يتكون الجزء (ك) من جزأين فرعيين هما (م) بوحدتين و(ن) بثلاث وحدات . والمنتوج (ص) يتكون من ثلاثة أجزاء أيضًا هى جزأىْ (ى) و(ك) بوحدة واحدة والجزء (ل) بوحدتين ويتكون الجزء (ك) من جزأين هما (م) بوحدتين و(ن) بثلاث وحدات ، ويمكن أن نشير إلى بعض الملاحظات من هذا الشكل وهى كالآتى :

أولاً : إن الطلب على المنتوجين ليس مستمرًا وإنما هو متكتل فى الفترات ، فهناك فى الفترات (١) (٢) و(٣) طلبيات على المنتوج (س) ، فى حين يكون الطلب صفرًا فى الفترة (٤) ، وكذلك الطلب على المنتوج (ص) يكون متكتلاً وليس مستمرًا .

ثانيًا : إن نماذج المخزون تعالج هذا النوع من الطلب ، كما تعالج الطلب المستمر وتحسب كمية الطلبية الاقتصادية ، وبهذا يتم الاحتفاظ بمخزون كبير فى الفترات التى يكون فيها الطلب صفرًا ، وهذا غير مبرر من الناحية الاقتصادية ، فى حين أن نظام تخطيط الاحتياجات من المواد يحسب الاحتياجات حسب الفترات ، وبالتالى لا تكون هناك طلبية على المنتوج (وبالتالى على الأجزاء المكونة له) عندما يكون الطلب صفرًا .

ثالثًا : إن تركيبة المنتوجين (س) و(ص) تتشابه فى الجزء (ك) وأجزائه الفرعية (م) و(ن) . وفى نماذج المخزون تحسب كمية الطلبية الاقتصادية للمنتوج (س) و(ص) ، وبالتالى لأجزائهما كلٍ على انفراد ، وهذا قد لا يكون مبررًا من الناحية الاقتصادية ومن حيث مستوى المخزون ، فى حين أن نظام تخطيط الاحتياجات يحسب الاحتياجات الكلية للأجزاء (ك) ، (م) و(ى) معًا ، وهذا بدوره يقلص الاستثمار فى المخزون ويحقق جدولة واقعية .

إن الجدول رقم (٩-٤) يوضح المقارنة بين نظام تخطيط الاحتياجات من المواد ونموذج كمية الطلبية الاقتصادية .

الجدول رقم (٩-٤) : المقارنة بين (MRP) و(EOQ)

نظام تخطيط الاحتياجات من المواد	نموذج كمية الطلبية الاقتصادية
١- موجه إلى المنتوج / الجزء .	١- موجه إلى المادة (كمادة نهائية أو جزء منفصل) .
٢- الطلب تابع أو مشتق .	٢- الطلب مستقل .
٣- الطلب متكتل / منفصل .	٣- طلب المادة مستمر .
٤- لا طلب في فترة التجهيز (أو وقت انتظار الإنتاج أو الشراء) .	٤- الطلب مستمر في فترة التجهيز .
٥- مؤشر الطلبية زمنية (على أساس زمني) .	٥- مؤشر الطلبية إلى نقطة إعادة الطلب .
٦- قاعدة النظام هي الطلبية أو الإنتاج المستقبلي .	٦- قاعدة النموذج هي البيانات التاريخية كأساس في التنبؤ بالطلب .
٧- النظام يقوم على الكمية والوقت .	٧- النموذج على الكمية .
٨- مخزون الأمان للمواد النهائية عادة .	٨- مخزون الأمان لجميع المواد .

٩-٤- مكونات نظام تخطيط الاحتياجات من المواد :

إن نظام الاحتياجات من المواد هو نظام ذو إجراءات متعاقبة ومعالجة منطقية تتم بمساعدة الحاسبة ، وبهذا المعنى فإن نظام (MRP) هو عبارة عن نظام معلومات . وكما يرى كوك ورسل (Cook and Russell) فإنه أداة لتحديد متى توضح طلبية المواد وكيفية إعادة جدولة الطلبيات لضبط التغيرات في تقديرات الطلب في جدولة الإنتاج الرئيسية ، كما عرفه أورلكي (J.A.Orlicky) بأنه " النظام الذي يحوي مجموعة من الإجراءات المنطقية المترابطة المصممة لترجمة جدولة الإنتاج الرئيسة إلى الاحتياجات الصافية في الأوقات المحددة والمخططة لتغطية هذه الاحتياجات من الأجزاء لتنفيذ الجدولة " ، ومن الواضح أن هذا التعريف هو الأكثر تعبيراً عن المضمون العملياتي لهذا النظام في إطار عملية التخطيط . أما شرويدر (R.G.Schroeder) فيرى أن الاستخدام الكفء لهذا النظام يفرض متطلبات أساسية ، وهي :

١- وجود جدولة إنتاج رئيسة واقعية .

٢- أن تكون قائمة المواد أو تركيبة المنتوج دقيقة لكل منتوج وتتضمن جميع الأجزاء المكونة للمنتوج وتعكس كيفية صنعه .

٣- استخدام رمز واحد أو رقم جزء واحد لكل مادة من المواد المستخدمة لأغراض المخزون أو الإنتاج .

٤- اكتمال ملف بيانات حالة المخزون ؛ حيث إن النظام لا يكتمل ولا يعمل بكفاءة بدون بيانات المدخلات الدقيقة .

٥- أن تكون أوقات الانتظار الخاصة بالتوريد والشراء والإنتاج معروفة لكل مادة من المواد المستخدمة عند استخدام هذا النظام .

يمكن أن يحقق نتائج مهمة وهذه النتائج هى :

أ - خفض المخزون : حيث إن هذا النظام يساعد على إنتاج الجزء عند الطلب وتجنب كلفة المخزون الزائد .

ب - تحسين خدمة الزبون : إن نسبة الطلبيات المتأخرة يمكن أن تنخفض بنسبة (٧٥٪) باستخدام هذا النظام .

جـ - خفض أوقات الانتظار فى الإنتاج والتسليم : حيث إن هذا النظام يحدد كميات المواد والأجزاء ، التوقيتات ، المخزون المتاح ، أنشطة الشراء والإنتاج المطلوبة بدقة أكبر ؛ مما يساعد على تقليص أوقات انتظار الإنتاج والإيفاء بالمواعيد المحددة للتسليم .

د - قدرة أكبر على إعادة الجدولة والاستجابة للتغيرات غير المتوقعة بسبب المواعيد المحددة ، وتوفر البيانات المحدثة عن المواد وتوقيتاتها وأنشطة الإنتاج والشراء .

هـ - قدرة أكبر على المساعدة فى تخطيط السعة والأسبقية ؛ حيث إن هذا النظام لا يساعد فقط فى تعجيل الطلبيات الساخنة ، بل يساعد فى تبطئ الطلبيات التى يجب أن تتأخر .

و - زيادة الكفاءة : إن هذا النظام يحقق التنسيق المحكم بين مراكز العمل المختلفة فيما يتعلق بتقدم المنتوج ، وبالنتيجة فإن الإنتاج يمكن أن ينجز بأقل عدد من الأفراد غير المباشرين ، وكذلك جعل تعجيل المواد والتوقفات غير المخططة بالحد الأدنى .

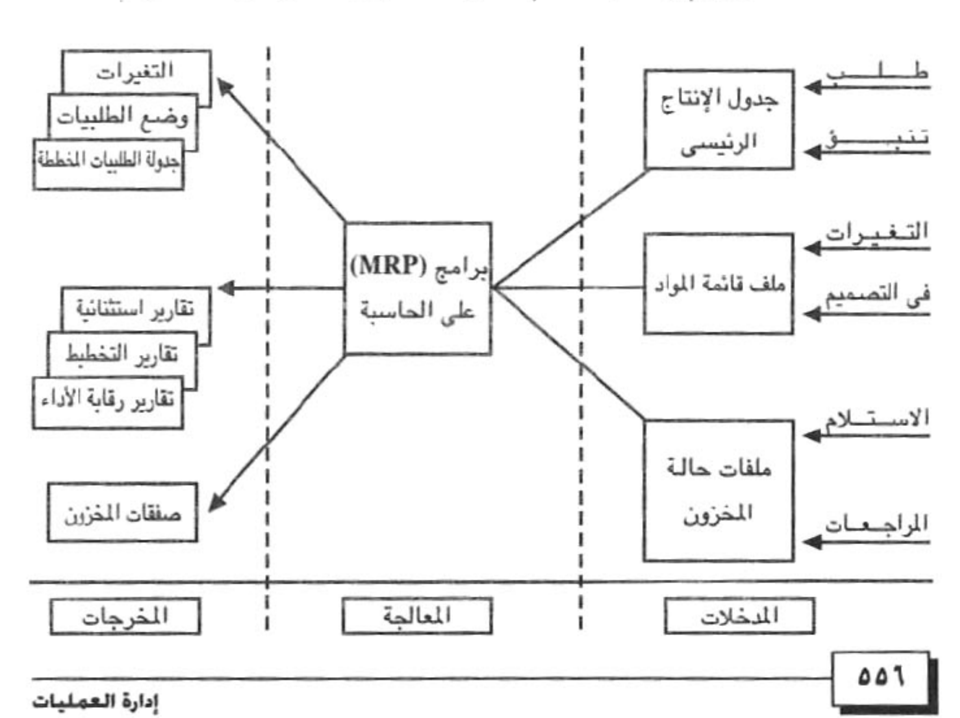
أما مكونات نظام (MRP) فإن الشكل رقم (٩-٥) يوضح هذه المكونات من خلال الرؤية النظامية الشاملة ، وسنحاول فيما يأتى أن نعرض لهذه المكونات .

أولا : جدول الإنتاج الرئيسى :

إن جدول الإنتاج الرئيسى (MPS) من المدخلات الأساسية لنظام (MRP) ، وهى تحدد المنتجات التى سيتم إنتاجها، ومتى يتم إنتاجها وماهى كمياتها المطلوبة ، ويتم حسابه من طلبيات الزبائن المقدمة إلى المصنع أو من التنبؤ بالطلب .

ولأن جدول الإنتاج الرئيسى يحدد ما ينتج من المنتجات النهائية ؛ لذلك فإنها تسيطر على الأنشطة الرئيسية لنظام (MRP) فيما يتعلق بتوقيت شراء المواد وإنتاج الأجزاء التى تكون ضرورية للإيفاء بمخرجات جدول الإنتاج الرئيسى نفسها .

الشكل رقم (٩-٥) : نظام تخطيط الاحتياجات من المواد المعالجة



ولنفرض أن المصنع تلقى الطلبيات الآتية على منتجاته :

- الطلبية الأولى (٥٠٠) وحدة على المنتوج (ك) مطلوب تسليمها نهاية الأسبوع الخامس .
- الطلبية الثانية (٧٠٠) وحدة على المنتوج (ك) مطلوب تسليمها نهاية الأسبوع الثامن .
- الطلبية الثالثة (١٠٠٠) وحدة على المنتوج (ل) مطلوب تسليمها نهاية الأسبوع الثالث .
- الطلبية الرابعة (٣٠٠) وحدة من المنتوج (ل) مطلوب تسليمها نهاية الأسبوع السابع .

ما هو جدول الإنتاج الرئيسى لهذه الطلبيات ؟

إن الشكل رقم (٩-٦) يوضح هذا الجدول .

الشكل رقم (٩-٦) جدول الإنتاج الرئيسى للمنتوجين (ك) و(ل)

الفترات (بالأسابيع)	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٩
المنتـــــوج (ك)					٥٠٠			٧٠٠
المنتـــــوج (ل)			١٠٠٠				٣٠٠	

وبشكل عام ، فإن جدول الإنتاج الرئيسى يقوم بوظيفتين الأولى : أن هذا الجدول يعتبر الأساس فى تخطيط المواد والأجزاء الداخلة فى إنتاج أو تجميع المنتوج النهائى وكذلك فى تخطيط الأسبقية والسعة ، والثانية : أنها تقدم البيانات عن تقدير الاحتياجات طويلة الأمد ؛ حيث يكون الجدول بمثابة بيانات تاريخية تستخدم للتنبؤ بالطلب . ويوضح المثال رقم (٩-١) جوانب أخرى من جدول الإنتاج الرئيسى . ومن أجل فهم المثال لابد من الإشارة إلى أن وجبة الإنتاج هى معدل الإنتاج فى الفترة التى يكون مخزون البداية فى تلك الفترة أقل من الطلب ؛ مما يتطلب وجبة الإنتاج للإيفاء بالطلب .

المثال (٩-١) :

أحد المصانع يقوم بتجميع أحد الأجهزة الكهربائية ، وقد توفرت البيانات الواردة في الجدول أدناه ، علماً بأن مخزون البداية في المصنع (٦٠) وحدة ، وأن حجم وجبة الإنتاج في المصنع (٨٠) وحدة .

المطلوب : وضع جدول الإنتاج الرئيسي واحتساب مخزون البداية والنهاية للفترات المذكورة في الجدول .

مخزون البداية = ٦٠ وحدة	الأسابيع									
وجبة الإنتاج = ٨٠ وحدة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
الطلب المتوقع		٥	٣٠	٤٠	٥٠	٤٠	٥٠	٥٠	٥٠	٥٠
طلب المصانع الأخرى			٥			٥			٥	
طلبيات الزبائن	٤٠	٤٠	٣٠	١٠	١٠	٥				
طلبيات المستودع	١٥	١٠		٥						

الحل : الاحتياجات الكلية في كل أسبوع تتحدد بجمع الطلب المتوقع والطلبيات في ذلك الأسبوع ، فمثلاً :

الاحتياجات الكلية في الأسبوع (١) = ٤٠ + ١٥ = ٥٥ وحدة .

الإنتاج المطلوب يتحدد كالآتي :

الإنتاج يكون بمقدار وجبة الإنتاج إذا كان :

مخزون البداية > الاحتياجات الكلية

ولا حاجة لإنتاج وجبة إنتاج إذا كان :

مخزون البداية < الاحتياجات الكلية

في الأسبوع (١) = ٦٠ - ٥٥ = ٥ وحدات (لاحاجة للإنتاج) .

فى الأسبوع (٢) = ٥٥- ٥ = (٥٠) وحدة مطلوبة (لذا تجدول فى وجبة الإنتاج) .

مخزون النهاية = (مخزون البداية + وجبة الإنتاج) - الاحتياجات الكلية

مخزون النهاية فى الأسبوع (٢) = (٥ +٩٠)- ٥٥ = ٤٠ وحدة .

وبإجراء هذه الحسابات لكل الفترات يمكن التوصل إلى جدول الإنتاج الرئيسى الآتى :

البداية = ٦٠	الأسابيع									
وجبة الإنتاج = ٩٠ وحدة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
الاحتياجات الكلية	٥٥	٥٥	٦٥	٥٥	٦٠	٥٠	٥٠	٥٠	٥٥	٥٠
مخزون البداية	٦٠	٥	٤٠	٦٥	١٠	٤٠	٨٠	٣٠	٧٠	١٥
الإنتاج	—	٩٠	٩٠	—	٩٠	٩٠	—	٩٠	—	٩٠
مخزون النهاية	٥	٤٠	٦٥	١٠	٤٠	٨٠	٣٠	٧٠	١٥	٥٥

ثانيا : قائمة المواد (Bill-Of-Material) :

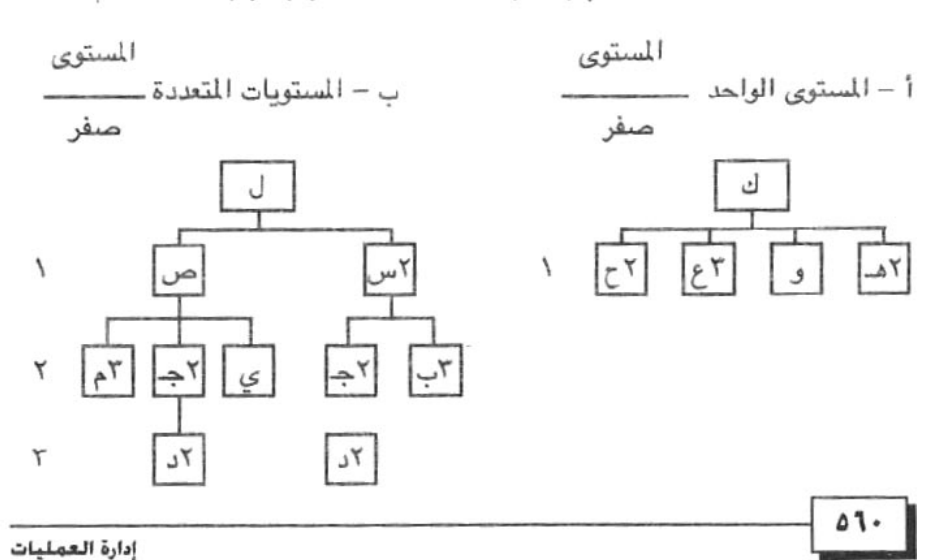
إن قائمة المواد (BOM) تتضمن جميع الأجزاء ، المواد الأولية ، والتجميعات الفرعية المطلوبة لإنتاج وحدة واحدة من المنتوج النهائى ؛ لهذا فإن كل منتوج نهائى له قائمة المواد الخاصة به . ويتم التعبير عن المنتوج فى قائمة المواد من خلال تركيبة المنتوج ، ويمكن أن تعرف قائمة المواد بأنها وثيقة هندسية تصف تفاصيل مكونات (صنع أو تجميع) المنتوج المتضمنة كل الأجزاء وتعاقبها وكميتها اللازمة لكل وحدة من المنتوج ومراكز العمل التى تحقق هذا التعاقب . أما تركيبة المنتوج فتعرف بأنها مستويات الأجزاء اللازمة لإنتاج المنتوج النهائى ؛ حيث المنتوج النهائى يمثل المستوى (صفراً) عند المستوى الأعلى والأجزاء اللازمة والمكونة له تكون المستويات الأدنى (١) و(٢) وهكذا .

ويتم الحصول على المعلومات الضرورية لإعداد قائمة المواد وتركيبة المنتوج من وثائق تصميم المنتوج وتحليل تدفق العمل والوثائق الأخرى المتعلقة بالتصنيع القياسى والهندسة الصناعية ، وبهذه المعلومات تتم تجزئة المنتوج النهائى - الذى يتم إعداد جدول إنتاج رئيسى له - إلى الأجزاء المكونة له فى تركيبة المنتوج ذات المستوى الواحد أو ذات المستويات المتعددة . إن تركيبة المنتوج ذات المستوى الواحد تشمل المنتوج والأجزاء المكونة له مباشرة . وهذه تعتبر حالة خاصة ، ويوضح الشكل رقم (٩-٧-أ) هذه الحالة .

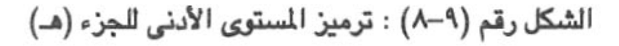
أما تركيبة المنتوج ذات المستويات المتعددة ، فإنها تكون ذات هيكلية تشبه الهرم متعدد المستويات ، والشكل رقم (٩-٧-ب) يمثل هذا النوع .

ويمكن تحديد مزايا تركيبة المنتوج فى أنها مفيدة لتحديد كمية الاحتياجات من الأجزاء فى كل وحدة من المنتوج ، ومن ثم الاحتياجات الكلية من الأجزاء ؛ وذلك بضرب عدد وحدات الجزء الداخلة فى وحدة المنتوج النهائى بالكمية المطلوبة من المنتوج النهائى (حجم الطلبية) والمثال رقم (٩-٢) يوضح ذلك .

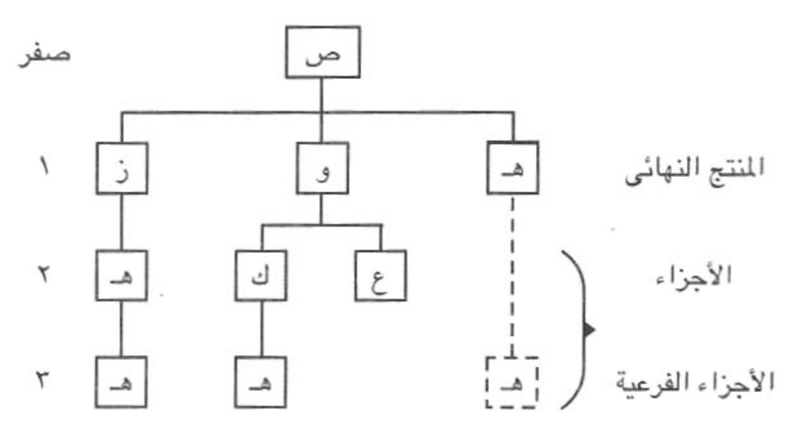
الشكل رقم (٩-٧) تركيبة المنتوجين (ك) و(ل)



وعند احتساب الاحتياجات يتم البدء بذلك من الأعلى إلى الأسفل ؛ فالاحتياجات من المنتوج النهائى (ك) أو (ل) عند المستوى صفر تحدد فى جدول الإنتاج الرئيسى ، ثم تحدد الأجزاء فى المستوى (١) بالنسبة للأجزاء المكونة لكل من المنتوج (ك) و(ل) وبعدها المستوى (٢) و(٣) بالنسبة للأجزاء الفرعية المكونة للمنتوج (ل) حتى يتم الانتهاء من كل المستويات . وفى عملية الاحتساب يجب مراعاة ما يسمى بترميز المستوى الأدنى ، أى أن يتم وضع المادة أو الجزء الذى يظهر فى عدة مستويات فى تركيبة المنتوج فى المستوى الأدنى كما مبين فى الشكل (٩-٨) بالنسبة للجزء (هـ) .



الشكل رقم (٩-٨) : ترميز المستوى الأدنى للجزء (هـ)



يلاحظ من الشكل (٩-٨) أن الجزء (هـ) يظهر فى ثلاثة مستويات (الخطوط المستمرة) ، وحسب ترميز المستوى الأدنى يتم تعديل تركيبة المنتوج ؛ ليظهر الجزء فى أدنى مستوى من المستويات الثلاثة وهو المستوى (٣) ، وهذا ما توضحه الخطوط المتقطعة للجزء (هـ) .

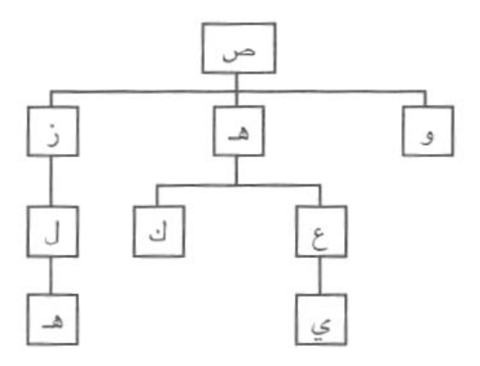
والسؤال الذى يمكن أن يطرح فى هذا المجال هو : ماذا يحدث إذا كان الجزء الذى يظهر فى مستويات متعددة لا يمكن خفضه ؛ لأنه يتكون من أجزاء فرعية متعددة كما فى الشكل رقم (٩-٩) بالنسبة للجزء (هـ) .

والإجابة يمكن وضعها فى شقين :

الأول : إن ترميز المستوى الأدنى لا يتحدد بالمواد أو الأجزاء الفرعية عند نهاية الفروع ، وعند الأخذ بهذا فمن الممكن خفض الجزء (هـ) ومكوناته من الأجزاء الفرعية ليكون فى المستوى (٣) لتحقيق توافق المستوى الأدنى .

الثانى : إن الجزء (هـ) عندما يكون له نفس المكونات أو الأجزاء الفرعية أينما يظهر ، وإذا كان هناك استثناء كما فى الجزء الفرعى (هـ) فى المستوى الثالث ، فى هذه الحالة من الضرورى تغيير رمز أحدهما ليتم التمييز بينهما .

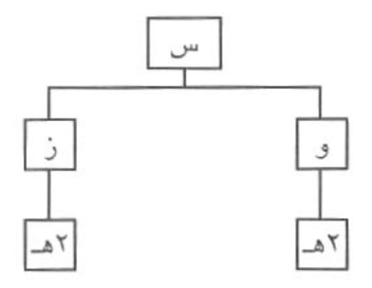
الشكل رقم (٩-٩) : تركيبة المنتوج (ص)



وهناك حالة أخرى من الممكن أن تظهر فى تركيبة المنتوج ، وهى عندما يكون أحد الأجزاء الفرعية مثل (هـ) يظهر فى الجزأين المختلفين بنفس الكمية ، وكما فى الشكل رقم (٩-١٠) ، فما العمل ؟

والإجابة ببساطة هى أن يتم تفادى مثل هذا الترميز للأجزاء والأجزاء الفرعية ، وبالتالى توحيد رمز الجزأين (و) (ز) برمز واحد هو إما (و) أو (ز) للجزأين .

الشكل رقم (٩-١٠) : تركيبة المنتوج (س)

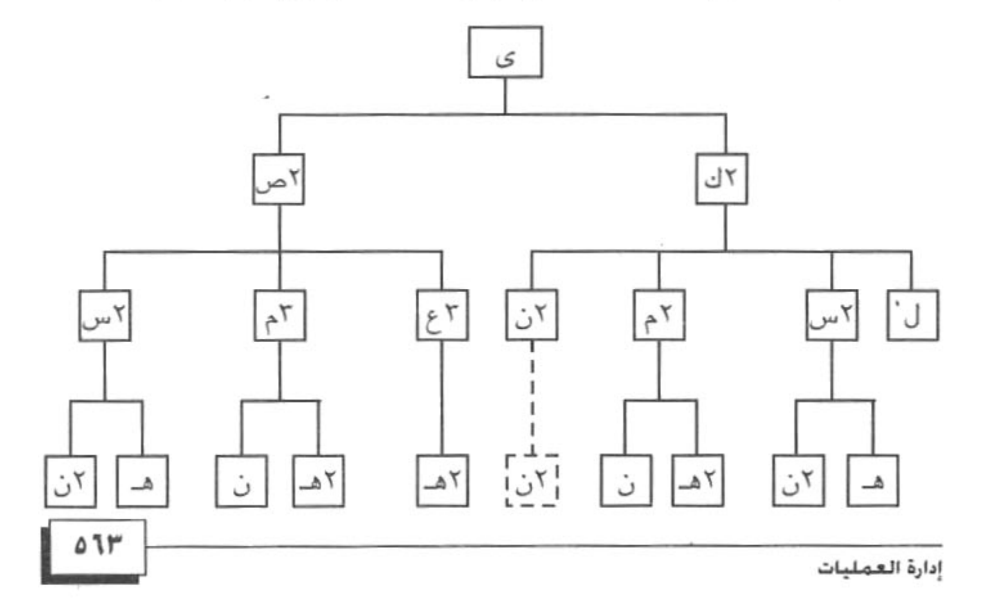


إن المثال (٩-٢) يوضح كيفية احتساب الاحتياجات الكلية من الأجزاء والأجزاء الفرعية باستخدام تركيبة المنتوج .

مثال (٩-٢) :

أدناه تركيبة المنتوج (ى)

المطلوب : تحديد الاحتياجات الكلية من جميع الأجزاء (ك ، ل ، م ، هـ ، ن ، س ، ع ، ص) ، إذا كان حجم المخرجات المطلوب تجميعها من المنتوج (ى) هو (٥٠٠) وحدة .



الحـــل : يلاحظ أن ترميز المستوى الأدنى قد طبق على الجزء (ن) كما في الخط المتقطع . والجدول التالي يوضح احتساب الاحتياجات لكل وحدة من المنتوج والاحتياجات الكلية عند (٥٠٠) وحدة من المنتوج (ى) . وهذه العملية هي ما يدعى بانفجار المنتوج (Product Explosion) .

المستوى	الجزء	الاحتياجات لوحدة من (ى)	الاحتياجات الكلية لـ (٥٠٠) وحدة من (ى)
١	ك	٢ك	٢ك × ٥٠٠ = ١٠٠٠ك
	ص	٢ص	٢ص × ٥٠٠ = ١٠٠٠ص
٢	ل	ل × ٢ = ٢ل	٢ل × ٥٠٠ = ١٠٠٠ل
	س	(٢س×٢) + (٢س × ٢) = ٨س	٨س × ٥٠٠ = ٤٠٠٠س
	م	(٢م × ٢) + (٣م × ٢) = ١٠م	١٠م × ٥٠٠ = ٥٠٠٠م
	ع	٣ع × ٢ = ٦ع	٦ع × ٥٠٠ = ٣٠٠٠ع
٣	هـ	(هـ × ٢ × ٢) + (٢هـ × ٢ × ٢) + (٢هـ × ٣ ×٢) + (٢هـ × ٣ × ٢) + (هـ × ٢ × ٢) = ٤٠	٤٠هـ × ٥٠٠ = ٢٠٠٠٠هـ
	ن	(٢ن × ٢ × ٢) + (ن× ٢ × ٢) + (٢ن ×٢) + (ن × ٣ × ٢) + (٢ن × ٢ × ٢) = ٣٠ن	٣٠ن × ٥٠٠ = ١٥٠٠٠ن

ثالثا : ملف حالة المخزون :

إن ملف حالة المخزون من المدخلات الأساسية في نظام (MRP) ، ويستخدم هذا الملف لخزن المعلومات حول كل جزء ، وهو يتضمن الاحتياجات الكلية من الجزء حسب الفترات ، الاستلام المجدول ، المخزون المتاح ، وتفاصيل أخرى مثل فترة التوريد أو الانتظار وحجم الوجبة ، إضافة إلى التغيرات في الاستلام ، المسحوبات ، الطلبيات الملغية ... إلخ . إن نظام (MRP) يجب أن يحافظ على ملف حالة المخزون بشكل

محدّث لكل جزء فى تركيبة المنتوج . وبهذه المعلومات الحديثة يمكن المحافظة على الحسابات الدقيقة لصفقات المخزون المخطط والفعلى ، وبالتالى تنفيذ جدول الإنتاج الرئيسى فى المواعيد المحددة بدون تأخيرات ناجمة عن أخطاء الحسابات المتعلقة بالمخزون المتاح ، إطلاق الطلبيات ، والاستلام المجدول وغيرها . إن الجدول رقم (٩-١١) يتضمن التعريفات الأساسية لنظام (MRP) .

الجدول رقم (٩-١١) : تعريفات لأهم مصطلحات نظام (MPR)

١ - قائمة المواد (Bill-Of-Material) : وثيقة تصف تفاصيل بناء المنتوج المتضمنة لكل الأجزاء المكونة له وتعاقبها والكمية اللازمة لكل وحدة من ذلك المنتوج ومراكز العمل التى تحقق التعاقب .

٢ - تركيبة المنتوج (Product Structure) : هى مستويات الأجزاء والأجزاء الفرعية اللازمة لإنتاج المنتوج النهائى ، حيث المنتوج النهائى يمثل المستوى صفراً ، والأجزاء المكونة تكون عند المستويات الأدنى (١) و(٢) وهكذا .

٣ - مستوى المادة (Item Level) : الموقع النسبى للمادة (أو الجزء) فى تركيبة المنتوج ؛ فالمواد النهائية تكون عند المستوى الأعلى والمواد الأولية أو الأجزاء تكون عند المستوى الأدنى .

٤ - جدول الإنتاج الرئيسى (Master Production Schedule) : عبارة عن جدول يحدد كميات المنتوج النهائى المراد إنتاجها أو تجميعها موزعة حسب الفترات الزمنية .

٥ - ملف حالة المخزون (Inventory Status File) : يمثل التوثيق والتسجيل الكامل لحالة المخزون من كل مادة أو جزء فى تركيبة المنتوج وضمن ذلك تحديد المادة أو الجزء ، الكمية المتاحة ، مستوى مخزون الأمان ، ووقت الانتظار للشراء أو الإنتاج .

٦ - الاحتياجات الكلية (Gross Requirement) : الكمية الكلية المطلوبة من المادة أو الجزء خلال الفترة الزمنية للإيفاء بمستوى المخرجات المخططة التى يتم التوصل إليها من جدول الإنتاج الرئيسى .

٧ – الاستلام المجدول (Scheduled Receipt) : كمية المادة أو الجزء التى ستكون مستلمة من الموردين نتيجة الطلبيات التى وضعت عليها (وهو أيضًا الطلبيات المفتوحة Open Orders) .

٨ – استلام الطلبية المخطط (Planned Order Receipt) : كمية المادة أو الجزء التى تكون مطلوبة ، ومخطط استلامها عند بداية الفترة الزمنية اللازمة للإيفاء بالاحتياجات الصافية .

٩ – إطلاق الطلبية المخطط (Planned Order Release) : عملية إصدار أوامر الشراء أو الإنتاج ضمن فترة مخططة هى الفترة الممتدة بين إطلاق الطلبية والحاجة إليها ، وهذه الفترة هى وقت انتظار المادة .

١٠– الاحتياجات الصافية : (Net Requirement) : الكمية الصافية من المادة أو الجزء الذى يجب الحصول عليه للإيفاء بالمخرجات المجدولة فى الفترة وتحسب :

الاحتياجات الصافية = الاحتياجات الكلية – الاستلام المجدول فى الفترة – المخزون المتاح من الفترة السابقة .

١١– المخزون المتاح (Inventory On Hand) : كمية المادة أو الجزء المتوقع أن يكون متاحًا عند نهاية الفترة الزمنية للإيفاء بالاحتياجات فى الفترة القادمة .

١٢– انفجار المنتوج (Product Explosion) : عملية تحديد الاحتياجات من المادة أو الجزء بالاعتماد على تركيبة المنتوج وجدول الإنتاج الرئيسى .

رابعا : منطق المعالجة :

إن المكونات الثلاثة السابقة تمثل مدخلات نظام (MRP) ، وفى هذه الفقرة سنوضح آلية عمل النظام فى تحديد الاحتياجات الصافية وإطلاق الطلبيات المخططة للأجزاء من خلال ما يسمى بمنطق المعالجة فى نظام (MRP) . ونقطة البدء فى منطق المعالجة هى جدول الإنتاج الرئيسى الذى يحدد الكمية المطلوبة من المنتوج النهائى حسب الفترات الزمنية (التى تعنى موعد تسليمها فى حالة الطلبيات) ، حيث تمثل هذه الكمية الاحتياجات الكلية ، وبعد معرفة الاستلام المجدول من المنتوج النهائى والمخزون

المتاح منه يمكن احتساب الاحتياجات الصافية من ذلك المنتوج النهائى ، وبعد تحديد الاحتياجات الصافية ومعرفة وقت الانتظار أو فترة التوريد اللازمة لشراء أو إنتاج كمية الاحتياجات الصافية يتم توقيت إطلاق الطلبيات المخططة من أجل استلامها فى نفس الفترات المحددة فى جدول الإنتاج الرئيسى . فمثلاً إذا كانت الكمية المطلوبة مجدولة فى الأسبوع العاشر ، وكان وقت الانتظار (فترة التوريد) المطلوبة لذلك المنتوج (٣) أسابيع ، إذن يتم إطلاق الطلبية فى الأسبوع السابع : ليتم الاستلام المخطط فى الأسبوع العاشر كما هو مجدول . وهذا يعنى أن منطق المعالجة فى هذا النظام يعتمد على الجدولة من الخلف .

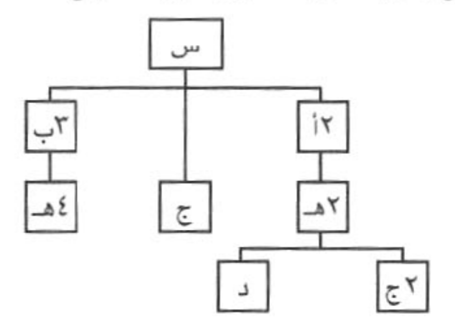
وبعد الانتهاء من معالجة المنتوج النهائى يتم تكرار نفس المعالجة مع الأجزاء المكونة للمنتوج النهائى والتى يمكن تحديدها من تركيبة المنتوج وتحديد كميتها من خلال انفجار المنتوج والأجزاء ، وبهذه الطريقة يتم تحديد الاحتياجات الكلية من كل جزء بتحويل الاحتياجات الصافية للمنتوج النهائى إلى احتياجات كلية من الجزء المعنى ، ومن ثم تحديد الاحتياجات الصافية من ذلك الجزء بطرح الاستلام المجدول والمخزون المتاح من الجزء من الاحتياجات الكلية لذلك الجزء . بعدئذ يتم تحديد فترة إطلاق الطلبية المخطط ، ومن ثم استلام الطلبية المخطط عند الحاجة إليها ، وبنفس الطريقة يتم احتساب الاحتياجات الكلية والصافية لجميع الأجزاء .

إن المثال (٩-٣) يوضح هذه الحسابات للاحتياجات الكلية والصافية وفترات إطلاق الطلبيات المخططة واستلامها .

مثال (٩-٣) :

الآتى تركيبة المنتوج (س) ، فإذا كان وقت الانتظار لتجميع المنتوج (س) أسبوعاً واحداً ، وللجزأين (أ) و(هـ) أسبوعين ، وللأجزاء (ب) (جـ) (د) أسبوعاً واحداً ، وكان هناك استلام مجدول مقداره (٥٠) وحدة من (أ) و(١٢٠) من (جـ) وحدة فى الأسبوع الثامن ، و(٦٠٠) وحدة من (هـ) فى الأسبوع الثالث . وكان هناك مخزون بداية من (د) مقداره (١٠٠) وحدة ، وأن الأسلوب المتبع فى تحديد حجم وجبة الإنتاج هو أسلوب تساوى الوجبة مع الاحتياج أى أسلوب وجبة لوجبة .

المطلوب : وضع جدول الإنتاج الرئيسى للمنتوج (س) وتحديد خطط الاحتياجات للأجزاء (أ ، ب ، جـ ، د ، هـ) إذا كانت هناك طلبية بمقدار (٢٠٠) وحدة من المنتوج (س) مطلوب تسليمها فى الأسبوع السادس .



الحـــل :

جدول الإنتاج الرئيسى للمنتوج (س) :

الفترات (أسبوع)	١	٢	٣	٤	٥	٦
الكمية (وحـــدة)						٢٠٠

يلاحظ من جدول الإنتاج الرئيسى أن الكمية المطلوبة هى (٢٠٠) وحدة مجدولة فى الأسبوع السادس ، وهذه الكمية تنقل إلى خطة احتياجات المنتوج (س) كما مبين فى الجدول التالى لتمثيل الاحتياجات الكلية فى الأسبوع السادس .

وحيث إنه ليس هناك استلام مجدول ولا مخزون متاح من الفترات السابقة ؛ لهذا فإن الاحتياجات الكلية تسجل كاحتياجات صافية فى الأسبوع السادس أيضاً . وحيث إن وقت الانتظار للمنتوج (س) هو أسبوع واحد : لهذا فإن إطلاق الطلبية المخطط يكون فى الأسبوع الخامس ، وبالتالى استلام الطلبية المخطط فى الأسبوع السادس . إن الاحتياجات الصافية للمنتوج (س) تنقل إلى خطة احتياجات الجزء (أ) لتمثل الاحتياجات الكلية ، ولأن كل وحدة من المنتوج (س) تتطلب وحدتين من الجزء (أ) ؛ لهذا فإن الاحتياجات الكلية من الجزء (أ) تكون (٤٠٠) وحدة (٢٠٠x ٢) ، كما أن وقت انتظار المنتوج (س) يؤخذ بالاعتبار ؛ لهذا فإن (٤٠٠) وحدة كاحتياجات كلية من

الجزء (أ) تدخل فى خطة احتياجات هذا الجزء فى الأسبوع الخامس ، ولأن هناك استلاماً مجدولاً من الجزء (أ) مقداره (٥٠) وحدة فى الأسبوع الأول ؛ لهذا فإنه يؤخذ بالاعتبار أيضاً عند احتساب الاحتياجات الصافية ، ويدون فى الأسبوع الثانى ، ويلاحظ أن الاستلام المجدول يسجل فى صف الاستلام المجدول ويحول إلى مخزون متاح فى الأسبوع الثانى أيضاً . ولأن وقت الانتظار لتجميع الجزء (أ) هو أسبوعان ؛ فإن إطلاق الطلبية المخطط لذلك الجزء يكون فى الأسبوع الثالث .

خطة الاحتياجات للمنتوج (س)

المنتوج = س	الأسابيع					
وقت الانتظار = أسبوع واحد	١	٢	٣	٤	٥	٦
الاحتياجات الكلية						٢٠٠
الاستلام المجدول						
المخزون المتاح						
الاحتياجات الصافية						٢٠٠
استلام الطلبيات المخطط						٢٠٠
إطلاق الطلبيات المخطط					٢٠٠	

خطة احتياجات الجزء (أ)

الجزء (أ)	الأسابيع					
وقت الانتظار = أسبوعان	١	٢	٣	٤	٥	٦
الاحتياجات الكلية					٤٠٠	
الاستلام المجدول		٥٠				
المخزون المتاح		٥٠	٥٠	٥٠	٥٠	
الاحتياجات الصافية					٣٥٠	
استلام الطلبيات المخطط					٣٥٠	
إطلاق الطلبيات المخطط			٣٥٠			

خطة احتياجات الجزء (ب)

الجزء (ب)	الأسابيع					
وقت الانتظار = أسبوع واحد	١	٢	٣	٤	٥	٦
الاحتياجات الكلية					٦٠٠	
الاستلام المجدول						
المخزون المتاح						
الاحتياجات الصافية					٦٠٠	
استلام الطلبيات المخطط					٦٠٠	
إطلاق الطلبيات المخطط				٦٠٠		

يلاحظ من الجدول أعلاه أن الاحتياجات الكلية من الجزء (ب) هى (٦٠٠) وحدة ؛ وذلك لأن كل وحدة من المنتوج (س) تتطلب ثلاث وحدات من الجزء (ب) ، ولأن الطلب على المنتوج (س) هو (٢٠٠) وحدة ؛ لهذا فإن الطلب على الجزء (ب) يكون (٦٠٠) وحدة . وحيث إن المنتوج (س) كان إطلاقه المخطط فى الأسبوع الخامس ؛ فإن الاحتياجات الكلية من الجزء (ب) تظهر في الأسبوع الخامس أيضاً ، ولعدم وجود استلام مجدول أو مخزون متاح من الجزء (ب) ؛ فإن الاحتياجات الكلية تصبح هى الاحتياجات الصافية ، ولأن وقت الانتظار للجزء (ب) هو أسبوع واحد ؛ لهذا فإن إطلاق الطلبية لهذا الجزء سيكون فى الأسبوع الرابع كما مبين فى الجدول .

ولإعداد خطة احتياجات الجزء (جـ) فيمكن أن نلاحظ من خطة احتياجات الجزء (أ) أن احتياجاته الصافية هى (٣٥٠) وحدة ، ولأن كل وحدة من الجزء (أ) تتطلب وحدتين من (جـ) ؛ فهذا يعنى أن احتياجاته الكلية ضمن الجزء (أ) هى (٧٠٠) وحدة ، وبالإضافة إلى ذلك فإن كل وحدة من المنتوج (س) تتطلب أيضاً وحدة من (جـ) ، وأن الاحتياجات الصافية من (س) هى (٢٠٠) وحدة ؛ لذا فإن احتياجات (جـ) هى (٢٠٠) وحدة ، وهذه تضاف إلى (٧٠٠) وحدة ؛ فتكون الاحتياجات الكلية من (جـ) هى (٩٠٠) وحدة . ويلاحظ أن إطلاق طلبية المخطط للمنتوج (س) هو فى الأسبوع الخامس ، وإطلاق الطلبية المخططة من الجزء (أ) هو فى الأسبوع الثالث ؛ لهذا فإن الاحتياجات الكلية من الجزء الفرعى (جـ) تظهر فى الأسبوع الثانى بالاعتماد على (أ) أى حسب الوقت الأبكر . ويظهر أيضاً من خطة احتياجات (جـ) أن هناك استلاماً مجدولاً بمقدار

(١٢٠) وحدة فى الأسبوع الأول تتحول إلى مخزون متاح : فتكون الاحتياجات الصافية هى (٧٨٠) وحدة (أى ٩٠٠ - ١٢٠) . ولأن وقت الانتظارللجزء الفرعى (جـ) هوأسبوع واحد : فإن إطلاق (جـ) سيكون فى الأسبوع الأول .

ولإعداد خطة احتياجات (د) فيمكن أن نلاحظ من خطة احتياجات الجزء (أ) أن احتياجاته الصافية هى (٣٥٠) وحدة ؛ مما يجعل الاحتياجات الكلية من (د) هى (٧٥٠) وحدة . والتى تظهر فى الأسبوع الثالث . ولا يوجد استلام مجدول من (د) ، وإنما هناك مخزون بداية بمقدار (١٠٠) وحدة ؛ لهذا يكون صف الاستلام المجدول فارغًا ، بينما صف المخزون المتاح يظهر فيه مقدار (١٠٠) فى الأسبوع الأول وما بعدها : لتكون الاحتياجات الصافية (٢٥٠) وحدة وإطلاق الطلبية فى الأسبوع الثانى .

الجزء (جـ)	الأسابيع					
وقت الانتظار = أسبوع واحد	١	٢	٣	٤	٥	٦
الاحتياجات الكلية			٩٠٠			
الاستلام المجدول		١٢٠				
المخزون المتاح		١٢٠	١٢٠			
الاحتياجات الصافية			٧٨٠			
استلام الطلبيات المخطط			٧٨٠			
إطلاق الطلبيات المخطط		٧٨٠				

خطة احتياجات (د)

الجزء (د)	الأسابيع					
وقت الانتظار = أسبوع واحد	١	٢	٣	٤	٥	٦
الاحتياجات الكلية		٠	٣٥٠			
الاستلام المجدول						
المخزون المتاح ١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠			
الاحتياجات الصافية			٢٥٠			
استلام الطلبيات المخطط			٢٥٠			
إطلاق الطلبيات المخطط		٢٥٠				

من خطة احتياجات (هـ) يمكن أن نلاحظ أن كل وحدة من الجزء (ب) تتطلب أربع وحدات من (هـ) . وحيث إن الاحتياجات الصافية من (ب) هى (٦٠٠) وحدة ؛ لهذا فإن الاحتياجات الكلية من (هـ) تساوى (٢٤٠٠) وحدة . ولأن إطلاق الطلبية المخطط للجزء (ب) كان فى الأسبوع الرابع ؛ فإن الاحتياجات الكلية من (هـ) تظهر فى الأسبوع الرابع . وهناك استلام مجدول من (هـ) بمقدار (٦٠٠) وحدة فى الأسبوع الرابع ؛ لذا يسجل هذا فى الاستلام المجدول ؛ ليتحول إلى مخزون متاح ؛ مما يجعل الاحتياجات الصافية (١٨٠٠) وحدة ، ولأن وقت الانتظار بالنسبة إلى (هـ) هو أسبوعان ؛ لهذا يتم إطلاق الطلبية المخطط فى الأسبوع الثانى وكما مبين فى الجدول .

خطة احتياجات (هـ)

الجزء = (هـ)	الأسابيع					
وقت الانتظار = أسبوعان	١	٢	٣	٤	٥	٦
الاحتياجات الكلية				٢٤٠٠		
الاستلام المجدول			٦٠٠			
المخزون المتاح			٦٠٠	٦٠٠		
الاحتياجات الصافية				١٨٠٠		
استلام الطلبيات المخطط				١٨٠٠		
إطلاق الطلبيات المخطط		١٨٠٠				

خامسا : مخرجات نظام تخطيط الاحتياجات من المواد

إن مخرجات نظام (MRP) تمثل مجموعة تقارير تتضمن معلومات كثيرة تساهم فى تحديد موقف الإدارة من أنشطة الإنتاج والشراء والمخزون والتعديلات فى الطلبيات وغيرها ، ولعل هذا هو الذى يجعل البعض يعتبر هذا النظام بمثابة نظام معلومات ، ويمكن تصنيف مخرجات (MRP) إلى نوعين من التقارير هما :

١- التقارير الأساسية وهذه التقارير هى :

أ - جدولة الطلبيات المخططة التى تؤثر الكمية والتوقيت للطلبيات المستقبلية .

ب - إطلاق الطلبيات : هذه التقارير تفوض تنفيذ الطلبيات المخططة .

ج - التغيرات في الطلبيات المخططة : تتضمن التعديلات في مواعيد التسليم ، أو كميات الطلبيات ، وكذلك إلغاء الطلبيات .

٢- التقارير الثانوية : هي التقارير الاختيارية وتتمثل في :

أ - تقارير رقابة الأداء : تستخدم لتقييم عمليات النظام ؛ حيث تساعد المديرين من خلال قياس الانحرافات عن الخطط وضمن ذلك الطلبيات الخاطئة ، ونفاذ المخزون في تقييم الأداء وكلفته .

ب - تقارير التخطيط : تكون مفيدة في التنبؤ باحتياجات المخزون المستقبلية ، وهي تتضمن التزامات الشراء والبيانات الأخرى التي يمكن استخدامها في تحديد الاحتياجات المستقبلية من المواد .

جـ- تقارير التوقعات أو الاستثنائية والتي توجه الاهتمام نحو المشكلات الأساسية مثل الطلبيات المتأخرة أو المتجاوزة لمواعيد التسليم ، معدلات الخردة الزائدة ، أخطاء وضع التقارير ، والاحتياجات من أجزاء غير موجودة .

سادسا : مفاهيم أخرى في نظام تخطيط الاحتياجات من المواد :

قبل أن تنتهي من موضوع مكونات نظام (MRP) نجد من الضروري تناول بعض المفاهيم والجوانب الأخرى في هذا النظام وهي احتساب الدورة ، الواقية الزمنية ، عصبية النظام ، وتعقب الأجزاء .

إن احتساب الدورة هو عملية منتظمة لحساب المخزون المتاح وتغييره حسب كميات المخزون التي تظهر في تخطيط الاحتياجات من المواد ، ولتحقيق ذلك فلابد أن يكون ملف قيود المخزون دقيقًا ، وبدون ذلك فإن الجدولة ستكون محفوفة بمخاطر الارتباك والتأخير ، والاستلام يكون مضللاً ؛ مما يعيق استخدام الموارد (العمل والآلات) بكفاءة في النظام ؛ لهذا فإن احتساب الدورة يساعد على مطابقة المخزون المتاح (وهو عنصر أساسي في منطق المعالجة في النظام) مع الكميات الظاهرة في سجلات (MRP) . وفي هذه العملية يتم احتساب الوحدات التالفة المتوقعة في كل مرحلة من مراحل الإنتاج وفي المناولة والمخزن وبشكل دوري (يومي أو أسبوعي) ؛ لتكون المعلومات محدثة وعملية لتعكس حسابات المخزون الفعلية .

أما الواقية الزمنية فهي تشير إلى المدى الزمني المحدد الذي يجب أن يمر بدون تغيير جدولة الإنتاج الرئيسة وبعده يكون هذا التغيير مسموحًا ، ففي شركة تتعامل مع عدد كبير من المنتجات وكل منتوج يتكون من عدد كبير من الأجزاء (قد تكون بالعشرات أو المئات) ، فإن مثل هذه البيئة تكون معقدة ويصعب السيطرة عليها حتى عند استخدام نظام (MRP) حيث تكون هذه البيئة معرضة للإرباك ، وربما الفوضى إذا ما تركت التغييرات تتم في أي وقت أو أي مرحلة من مراحل الإنتاج : لهذا تستخدم الواقية الزمنية لجعل هذه التغيرات في حدود معينة تقع ضمن جدول الإنتاج الرئيسي . ويتم تحديد الواقية الزمنية بأخذ وقت التحميل الأطول ، وكذلك وقت الانتظار الأطول بالنسبة للمنتوج النهائي والأجزاء المكونة : لتكون هذه الأوقات ضمن جدول الإنتاج الرئيسية : لهذا فعند حدوث تغييرات تتطلب وقتًا محدودًا يمكن أن تبقى الجدولة ثابتة لوجود هذه الواقية الزمنية عندها تتم إعادة الجدولة ويصبح تغيير الجدولة مسموحًا .

وفي ضوء ذلك يمكن أن نوضح مفهوم عصبية النظام ، وهو يشير إلى العلميات غير الملائمة والشاذة التي تجري في النظام (MRP) بسبب التغيرات المتوقعة التي لم تؤخذ بالحسبان : لهذا فإن الواقية الزمنية تكون أداة مهمة في تجنب عصبية النظام لوجود زمن احتياطي لمواجهة هذه التغيرات بدون أية تعديلات في الجدولة .

أما تعقب الأجزاء فإن هذا المفهوم يشير إلى عملية التعقب خلال سجلات (MRP) وجميع المستويات في تركيبة المنتوج لتحديد كيفية تأثير التغيرات في سجلات جزء واحد على سجلات الأجزاء الأخرى ، فمثلاً عند احتساب المخزون المتاح ظهر أن هناك خطأ في ذلك المخزون المتاح لجزء في المستوى (١) ، فبدلاً من (١٠٠) وحدة من ذلك الجزء سجل (١٢٠) وحدة ، وكان لهذا الجزء أجزاء فرعية في المستوى الثاني والثالث من تركيبة المنتوج : فإن عملية تعقب الأجزاء تحدد تأثير هذا الخطأ على الأجزاء والأجزاء الفرعية الأخرى .

٩-٥- تحديث النظام :

إن وصول الطلبيات الجديدة يتطلب تحديث نظام (MRP) لأخذ التغيرات الخاصة بالكمية والتوقيت فى جدول الإنتاج الرئيسى ، وحالة المخزون وتركيبة المنتوج وأوقات الانتظار ، وهناك مدخلان لتحديث النظام هما :

أولاً : نظام إعادة التوليد (Regenerative System) : يقوم على التحديث الدورى لسجلات أو معلومات النظام ، وهو جوهرياً يرتبط بنظام وجبة الإنتاج حيث يفترض أن جميع التغيرات (الطلبية الجديدة والاستلام للمواد والأجزاء ووقت الانتظار) تظهر فى الفترة الزمنية التى تغطى الوجبة ؛ لهذا فإن التحديث يتم بشكل دورى من فترة إلى أخرى ، أو من وجبة لأخرى ، وهذا النظام يكون ملائماً فى أنظمة الإنتاج المستقرة التى تكون التغيرات فيها متباعدة وغير متكررة ، ولكن لا يكون ملائماً فى الأنظمة المعرضة للتغيرات السريعة والمتكررة . إن ميزة هذا النظام تتمثل فى كلفته المنخفضة بسبب الفترات الزمنية المتباعدة نسبياً للتحديث ، فى حين أن عيبه الأساسى يتمثل فى الفاصلة الزمنية الدورية بين وقت حدوث التغيرات ووقت توليد المعلومات الجديدة لدمجها فى خطة احتياجات المواد .

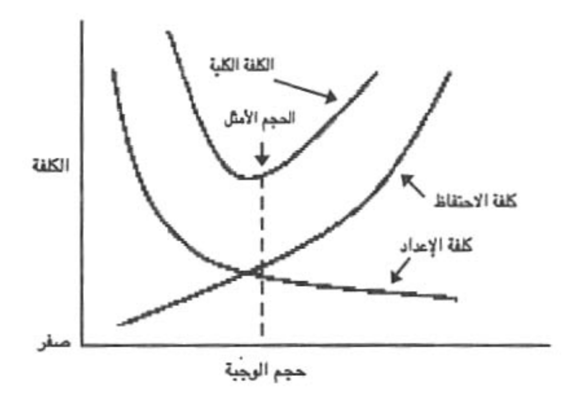
ثانياً : نظام التغير الصافى (Net Change System) : فى هذا النظام فإن خطة الإنتاج أو خطة الاحتياجات من المواد تعدل وتغير ؛ لتعكس التغيرات الحاصلة فور ظهورها دون انتظار الفترة الدورية للتحديث اللاحق كما فى النظام السابق . ففى هذا النظام فإن بعض الأجزاء المشتراة قد تعاد إلى المورد بسبب التلف ، وهذه المعلومات تدخل فى النظام حالاً ؛ ولهذا فإن التغيرات تدخل أولاً بأول ولا حاجة لتوليدها فى فترات دورية . إن الميزة الأساسية لهذا النظام تتمثل فى التحديث المستمر ؛ لذا يكون أكثر قدرة على التعامل مع بيئة الإنتاج التى تتسم بالتغيرات المتقاربة والمتكررة أما عيبه الأساسى فيتمثل بالكلفة العالية لمعالجة التغيرات المستمرة على الحاسبة ، وللحد من هذه الكلفة يتم تصنيف التغيرات عادة إلى تغيرات رئيسية وهذه يتم إدخالها أولاً بأول ، وتغيرات صغيرة فيتم إدخالها بشكل دورى .

٩-٦- حجم الوجبة فى تخطيط الاحتياجات من المواد (MRP Lot Sizing) :

إن تحديد حجم وجبة الإنتاج فى (MRP) يشير إلى الكمية المطلوب إنتاجها لمواجهة الطلبيات ، ويؤثر فى هذا الحجم نوعان من الكلف : الأولى هى كلفة الاحتفاظ بالمخزون وتنشأ عندما يتم اعتماد حجم وجبة فى الفترة أكبر من الطلب فى تلك الفترة ؛ فيتم الاحتفاظ بالمتبقى كمخزون ، والثانية : هى كلفة الإعداد وهى الكلفة التى يتم تحملها عند البدء بوجبة إنتاج جديدة . ويلاحظ أن كلفة الاحتفاظ بالمخزون تكون ذات علاقة طردية بحجم الوجبة ، فكلما ازداد حجم الوجبة ازدادت كلفة الاحتفاظ ، فى حين أن كلفة الإعداد تكون ذات علاقة عكسية مع حجم الوجبة ، فكلما ازداد حجم الوجبة قلت الحاجة إلى وجبات إنتاج جديدة ، ويقل عدد مرات تحمل كلفة الإعداد ، وبالتالى تقل كلفة الإعداد الكلية .

يولد نظام (MRP) إطلاق الطلبيات المخططة سواء لأغراض الإنتاج أو للشراء ؛ فتكون هناك مع كل إطلاق طلبية (وجبة) كلفة إعداد ، وعند القيام بخفض كلفة الإعداد من خلال دمج أكثر من طلبية صغيرة فى طلبية كبيرة تبدأ بالتزايد كلفة الاحتفاظ ؛ لهذا يكون من الضرورى تحديد حجم الوجبة عند أدنى كلفة كلية (كلفة الإعداد وكلفة الاحتفاظ) . وفى حالة وجود كلفتين متعاكستين ؛ فإن الكلفة الكلية الأدنى تكون عند تساوى هاتين الكلفتين (أى عند تساوى كلفة الإعداد مع كلفة الاحتفاظ) ، والشكل رقم (٩-١٢) يوضح ذلك .

الشكل رقم (٩-١٢) : العلاقة بين كلفة الإعداد وكلفة الاحتفاظ



وهناك أساليب عديدة لتحديد حجم الوجبة منها :

أولاً : أسلوب تساوى حجم الوجبة مع الاحتياج أو وجبة لوجبة (Lot For Lot) : فى هذا الأسلوب يكون حجم الوجبة فى كل فترة مساوياً للاحتياجات ، وبالتالى ليس هناك مخزون من فترة لأخرى فتكون كلفة الاحتفاظ صفراً ، إلا أن كلفة الإعداد تكون فى أعلى مستوى لها .

ثانياً : أسلوب كمية الوجبة الاقتصادية (Economic Batch Quantity) : هذا الأسلوب (وهو من أساليب الأمثلية) يحاول أن يحدد حجم الوجبة الذى حقق التساوى بين كلفة الاحتفاظ وكلفة الإعداد . ولكن بسبب نمط الطلب المتكتل وغير المستمر ، فإن هذا الأسلوب لا يحقق أدنى كلفة كلية ولا تساوى الكلفتين كما سنوضح ذلك فى المثال (٩-٤) .

ثالثاً : أسلوب سيلفر - ميل (The Silver-Meal Heuristics) : فى هذا الأسلوب التجريبى يتم تحديد حجم الوجبة بالاعتماد على الكلفة المتوسطة للفترات ، مع زيادة حجم الوجبة بطلب الوجبة بطلب الفترة اللاحقة ، مادامت الكلفة المتوسطة للفترة اللاحقة أقل من الكلفة فى الفترة السابقة ، والتوقف عن زيادة حجم الوجبة إذا كانت الكلفة المتوسطة للفترة اللاحقة أكبر من الكلفة فى الفترة السابقة .

رابعاً : أسلوب كلفة الوحدة الأقل (The Least-Unit-Cost Method) : إن هذا الأسلوب يقوم على توزيع كلفة الإعداد الواحدة على أكبر عدد من وحدات الطلب ، ويستمر بزيادة حجم الوجبة مادامت كلفة الإعداد للوحدة وكلفة الاحتفاظ لا تزدادان عند زيادة حجم الوجبة .

خامساً : أسلوب الكلفة الكلية الأقل أو أسلوب الفترة الجزئية (The Part-Period Method) : إن هذا الأسلوب يقوم على تحديد حجم الوجبة الذى يحقق تساوى كلفة الإعداد مع كلفة الاحتفاظ ، وبالتالى يحقق أدنى كلفة كلية ، وسنحاول أن نوضح كيفية احتساب حجم الوجبة بهذه الأساليب فى المثال (٩-٤) .

المثال (٩-٤) :

فى الجدول الآتى الطلب المتوقع على أحد المنتجات النهائية فى ثمانى فترات فى الورشة الحديثة ، وكانت كلفة الإعداد للآلات والعمال (١٥٠) ديناراً وكلفة الاحتفاظ (١,٥) دينار/وحدة/فترة .

الفترة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	المجموع
الطلب (وحدة)	١٠٠	٨٠	٣٠	٦٠	١٠	٣٠	٦٠	٨٠	٤٥٠

المطلوب : استخدام الأساليب الآتية فى تحديد حجم الوجبة واحتساب الكلفة الكلية (الإعداد والاحتفاظ) لكل أسلوب :

١- أسلوب وجبة لوجبة .

٢- أسلوب كمية الوجبة الاقتصادية .

٣- أسلوب سيلفر ـ ميل .

٤- أسلوب كلفة الوحدة الأقل .

٥- أسلوب الكلفة الكلية الأدنى .

الحـــل :

١- أسلوب وجبة لوجبة :

إن وجود ثمانى فترات فيها طلب غير صفرى (Non-Zero Demand) ؛ يؤدى إلى تحمل كلفة الإعداد لثمانى مرات :

كلفة الإعداد = ١٥٠ × ٨٠ = ١٢٠٠ دينار .

كلفة الاحتفاظ = صفر .

كلفة الكلية = ١٢٠٠ دينار .

الفترة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	المجموع
الطلب (وحدة)	١٠٠	٨٠	٣٠	٦٠	١٠	٣٠	٦٠	٨٠	٤٥٠
الوجبة (وحدة)	١٠٠	٨٠	٣٠	٦٠	١٠	٣٠	٦٠	٨٠	٤٥٠

٢ - أسلوب كمية الوجبة الاقتصادية

$$و = \sqrt{\frac{٢ ط (ت)}{ك ح}}$$

و = كمية الوجبة الاقتصادية .

ط = الطلب (متوسط الطلب فى الفترة)= ٤٥٠ \ ٩

ت = كلفة الإعداد = ١٥٠ ديناراً .

ك ح = كلفة الاحتفاظ = ١.٥ دينار .

$$\sqrt{\frac{٢ \times (٨/٤٥٠) (١٥٠)}{١.٥}} = ١.٦$$ وحدة .

الفترة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	المجموع
الطلب	١٠٠	٨٠	٣٠	٦٠	١٠	٣٠	٦٠	٨٠	٤٥٠
الوجبة	١.٦	١.٦	–	١.٦	–		١.٦	١.٦	
مخزون البداية	–	٦	٣٢	٢	٤٨	٣٨	٨	٥٤	
مخزون النهاية	٦	٣٢	٢	٤٨	٣٨	٨	٥٤	٨٠	
متوسط المخزون	٣	١٩	١٧	٢٥	٤٣	٢٣	٣١	٦٧	٢٢٨

متوسط المخزون = مخزون البداية + مخزون النهاية \ ٢

كلفة الإعداد = ٤ × ١٥٠ = ٦٠٠ دينار .

كلفة الاحتفاظ = ٢٢٨ × ١.٥ = ٣٤٢ ديناراً .

الكلفة الكلية = ٦٠٠ + ٣٤٢ = ٩٤٢ ديناراً .

يلاحظ أن أسلوب كمية الوجبة الاقتصادية أدى إلى القيام بأربع وجبات إنتاجية بمقدار (١٠٦) وحدات ، ويتم تغطية الطلب من كل وجبة ، ولا يتم اللجوء إلى الوجبة ثانية إلا عند عدم القدرة على الإيفاء بالطلب فى أية فترة مع استخدام المخزون عند وجبة الإنتاج أكبر من الطلب .

٣ – أسلوب سيلفر – ميل

لنفرض أن ت = كلفة الإعداد للوجبة التى يمكن أن تغطى الطلب فى فترة أو أكثر

* تحديد حجم الوجبة الأولى :

$ت_{١}$ = ١٥٠ ديناراً .

$ت_{٢}$ = [١٥٠ + (٨٠ × ١,٥)] \ ٢

= ١٣٥ ديناراً (حيث إن $ت_{٢}$ > $ت_{١}$ لذا نستمر بزيادة حجم الوجبة بأخذ الطلب فى الفترة الثالثة) .

$ت_{٣}$ = [١٥٠ + (٨٠ × ١,٥) + ٢ (٣٠× ١,٥)] \ ٣

= ١٢٠ ديناراً .

$ت_{٤}$ = [١٥٠+ (٨٠ × ١,٥) +٢(٣٠ × ١,٥) +٣(٦٠ × ١,٥)] \ ٤

= ١٥٧,٥ دينار (حيث إن كلفة $ت_{٤}$ < $ت_{٣}$ لذا يتحدد حجم الوجبة بمجموع فى الفترات الثلاثة الأولى) .

إذن ، حجم الوجبة الأولى = ١٠٠+٨٠+٣٠ = ٢١٠ وحدة .

* تحديد حجم الوجبة الثانية :

$ت_{١}$ = ١٥٠ ديناراً .

$ت_{٢}$ = [١٥٠ + (١٠× ١,٥)] \ ٢

= ٨٢,٥ دينار .

$ت_{٣}$ = [١٥٠ + (١٠ × ١,٥) + ٢ (٣٠ × ١,٥)] \ ٣

= ١٢٧,٥ دينار (حيث إن كلفة $ت_{٣}$ < $ت_{٢}$ نتوقف ويتحدد حجم الوجبة بمقدار الطلب فى الفترتين الرابعة والخامسة) .

إذن ، حجم الوجبة الثانية = ٦٠+١٠=٧٠ وحدة .

* تحديد حجم الثالثة :

ت$_1$= ١٥٠ ديناراً .

ت$_2$= [١٥٠ + (٦٠ × ١,٥)] \ ٢ = ١٢٠ ديناراً .

ت$_3$= [١٥٠ + (٦٠ × ١,٥) + ٢ (٨٠ × ١,٥)] \ ٣

= ١٦٠ ديناراً .

إذن ، حجم الوجبة الثالثة = ٣٠ + ٦٠ = ٨٠ وحدة .

* تحديد حجم الوجبة الرابعة = ٨٠ وحدة .

الفترة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	المجموع
الطلب (وحدة)	١٠٠	٨٠	٣٠	٦٠	١٠	٣٠	٦٠	٨٠	٤٥٠
الوجبة (وحدة)	٢١٠			٧٠		٩٠		٨٠	
مخزون البداية	–	١١٠	٣٠	–	١٠	–	٦٠	–	
مخزون النهاية	١١٠	٣٠	–	١٠	–	٦٠	–	–	
متوسط المخزون	٥٥	٧٠	١٥	٥	٥	٣٠	٣٠	–	٢١٠

كلفة الإعداد = ١٥٠ x ٤ = ٦٠٠ دينار .

كلفة الاحتفاظ = ٢١٠ x ١,٥ = ٣١٥ ديناراً .

الكلفة الكلية = ٦٠٠ + ٣١٥ = ٩١٥ ديناراً .

٤ – أسلوب كلفة الوحدة الأقل (ك ق)

* تحديد الوجبة الأولى :

ك ق١ = ١٥٠\١٠٠ =١,٥ دينار (كلفة الإعداد ١٥٠ ديناراً ووجبة الإنتاج مساوية لطلب الفترة الأولى)

ك ق ٢ = $\frac{١٥٠ + (٨٠ × ١,٥)}{١٠٠ + ٨٠}$ = ١,٥ دينار .

ك ق٣ = [١٥٠+ (١.٥ × ٨٠) + ٢(١.٥ × ٣٠)] ÷ (١٠٠ + ٨٠ + ٣٠) = ١.٧١ دينار .

(يلاحظ أن ك ق٣ > ك ق٢ لهذا يتحدد حجم الوجبة بطلب الفترتين الأولى والثانية)

إذن ، حجم الوجبة = ١٠٠ + ٨٠ = ١٨٠ وحدة .

* تحديد حجم الوجبة الثانية :

ك ق١ = ١٥٠ \ ٣٠ = ٥ دنانير .

ك ق٢ = (١٥٠ + (١.٥ × ٦٠)) ÷ (٣٠ + ٦٠) = ٢.٦ دينار .

ك ق٣ = [١٥٠ + (١.٥ × ٦٠) + (١.٥ × ١٠)] ÷ (٣٠ + ٦٠ + ١٠) = ٢.٧ دينار .

إذن ، حجم الوجبة الثانية = ٣٠ + ٦٠ = ٩٠ وحدة .

* تحديد حجم الوجبة الثالثة :

ك ق١ = ١٥٠ \ ١٠ = ١٥ ديناراً .

ك ق٢ = (١٥٠ + (١.٥ × ٣٠)) ÷ (١٠ + ٣٠) = ٤.٨٨ دينار .

ك ق٣ = [١٥٠ + (١.٥ × ٣٠) + ٢(١.٥ × ٦٠)] ÷ (١٠ + ٣٠ + ٦٠) = ٣.٧٥ دينار .

ك ق٤ = [١٥٠ + (١.٥ × ٣٠) + ٢(١.٥ × ٦٠) + ٣(١.٥ × ٨٠)] ÷ (١٠ + ٣٠ + ٦٠ + ٨٠)

= ٤.٠٨ دينار　(ك ق٤ > ك ق ٣) .

إذن ، حجم الوجبة الثالثة = ١٠٠ وحدة .

حجم الوجبة الرابعة = ٨٠ وحدة .

الفترة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	المجموع
الطلب (وحدة)	١٠٠	٨٠	٣٠	٦٠	١٠	٣٠	٦٠	٨٠	٤٥٠
الوجبة (وحدة)	١٨٠	–	٩٠	–	١٠٠			٨٠	
مخزون البداية	–	٨٠	–	٦٠	–	٩٠	٦٠	–	
مخزون النهاية	٨٠	–	٦٠	–	٩٠	٦٠	–	٨٠	
متوسط المخزون	٤٠	٤٠	٣٠	٣٠	٤٥	٧٥	٣٠	٤٠	٣٣٠

كلفة الإعداد = ١٥٠ × ٤ = ٦٠٠ دينار .

كلفة الاحتفاظ = ٣٣٠ × ١,٥ = ٤٩٥ ديناراً .

الكلفة الكلية = ٦٠٠ + ٤٨٥ = ١٠٨٥ ديناراً .

٥ – أسلوب الكفة الكلية الأدنى

لاحتساب حجم الوجبة نقوم بإعداد الجدول الآتى مع ملاحظة أن حجم الوجبة الملائم يتحدد بتساوى أو تقارب كلفة الإعداد مع كلفة الاحتفاظ . ومن الجدول نلاحظ أن حجم الوجبة الأولى يكون مساوياً للطلب فى الفترتين الأولى والثانية ؛ لأن كلفة الاحتفاظ (١٢٠) ديناراً هى أقرب لكلفة الإعداد (١٥٠) ديناراً من وجبة الإنتاج المساوية لطلب الفترات الثلاث الأولى والثانية والثالثة حيث كلفة الاحتفاظ تكون (٢١٠) دنانير . وفى ضوء حسابات الجدول يمكن احتساب الكلفة الكلية كالآتى :

كلفة الإعداد = ١٥٠ x ٤ = ٦٠٠ دينار .

كلفة الاحتفاظ = ١٢٠+١٢٠+٩٠ =٣٣٠ ديناراً .

الكلفة الكليــة = ٦٠٠+٣٣٠ = ٩٣٠ ديناراً .

رقم الوجبة	الطلب	الفترات التى تغطيها الوجبة	كلفة الإعداد	كلفة الاحتفاظ
١	١٠٠	١	١٥٠	صفر
١	٨٠	١ ، ٢	١٥٠	(٨٠ × ١,٥) = ١٢٠ ديناراً
١	٣٠	١ ، ٢ ، ٣	١٥٠	(٨٠ × ١,٥) + (٣٠ × ١,٥) = ٢١٠
٢	٣٠	٣	١٥٠	صفر
٢	٦٠	٣ ، ٤	١٥٠	(٦٠ × ١,٥) = ٩٠ ديناراً
٢	١٠	٣ ، ٤ ، ٥	١٥٠	(٦٠ × ١,٥) + ٢ (١٠ × ١,٥) = ١٢٠
٢	٣٠	٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦	١٥٠	(٦٠ × ١,٥) + ٢ (١٠ × ١,٥) + ٣ (٣٠ × ١,٥) = ٢١٠
٣	٣٠	٦	١٥٠	صفر
٣	٦٠	٦ ، ٧	١٥٠	(٦٠ × ١,٥) = ٩٠ ديناراً
٣	٨٠	٦ ، ٧ ، ٩ -	١٥٠	(٦٠ × ١,٥) + ٢ (٨٠ × ١,٥) = ٢٣٠ ديناراً
٤	٨٠	٩	١٥٠	صفر

من مقارنة هذه الأساليب المتعددة نلاحظ أن الكلفة الأعلى سجلها أسلوب وجبة لوجبة بكلفة كلية (١٢٠٠) دينار ، يليه أسلوب كلفة الوحدة الأقل بكلفة كلية (١٠٩٥) ديناراً ، يليه أسلوب كمية وجبة الصنع بكلفة كلية (٩٤٢) ديناراً ، ومن ثم أسلوب الكلفة الكلية الأدنى بكلفة كلية (٩٣٠) ديناراً ؛ ليأتى أسلوب سيلفر - ميل الأدنى فى الكلفة (٩١٥) ديناراً ، ولابد من التأكيد على أن لكل أسلوب من هذه الأساليب منطقه ومعياره فى خفض الكلفة الكلية إلا أن أسلوب سيلفر - ميل والكلفة الكلية الأدنى عادة ما يعطيان كلفة كلية منخفضة بالمقارنة مع الأساليب الأخرى . ومع ذلك فإن طريقة الكلفة الكلية الأدنى تعتبر طريقة بسيطة وفعالة إلا أنها قد تعطى نتائج غير ملائمة عند تغير الجدولة فى حين يكون أسلوب سيلفر- ميل أكثر ملاءمة فى حالة تغيّر الطلب والجدولة .

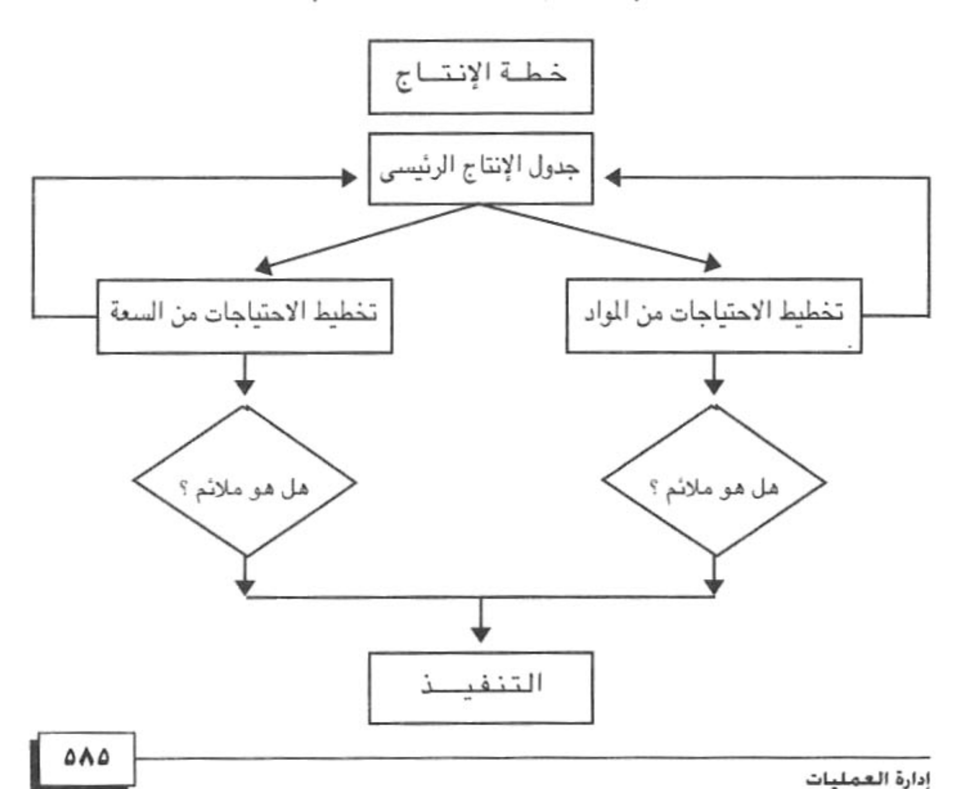
٩-٧- تخطيط احتياجات السعة (Capacity Requirement Planning) :

إن إعداد خطة الاحتياجات فى نظام (MRP) تتطلب بشكل منطقى تحديد الاحتياجات من السعة ، والسؤال هو : هل أن السعة المتاحة كافية لتنفيذ جدول الإنتاج

الرئيسى ؟ لهذا فإن تخطيط احتياجات السعة (CRP) يمكن تعريفه بأنه عملية تحديد ما هو مطلوب من السعة للإيفاء بالاحتياجات (الطلب) التى تكون محددة بجدول الإنتاج الرئيسى ؛ والهدف من ذلك هو ترشيد استخدام السعة ، أى عدم حدوث حالتى السعة الفائضة والنقص فى السعة .

والواقع أن مشكلة السعة تجد معالجة فعالة فى نظام (MRP) الذى قدّم فى هذا المجال ما يدعى الحلقة المغلقة لنظام MRP (Closes-Loop MRP System) ، حيث يحقق الربط الفعال بين تخطيط الاحتياجات من المواد وتخطيط الاحتياجات من السعة (CRP) . ويوضح الشكل رقم (٩ـ ١٣) الحلقة المغلقة لنظام (MRP) :

الشكل رقم (٩-١٣) : الحلقة المغلقة لنظام (MRP)



إن الشكل رقم (٩-١٣) يكشف عن الترابط المتكامل بين الاحتياجات من المواد لتحقيق جدول الإنتاج الرئيسي وما يلائمه من سعة متاحة ، وفي حالة عدم ملاءمة الاحتياجات من المواد تتم معالجة ذلك من خلال تعديل جدول الإنتاج الرئيسي الذي بدوره ينقل تأثير هذا التعديل إلى خطة الإنتاج . ونفس الشيء يقال عند عدم ملاءمة تخطيط الاحتياجات من السعة : فتتم معالجة جدول الإنتاج الرئيسي .

إن المدخلات الضرورية لتخطيط احتياجات السعة تتمثل في متطلبات جدول الإنتاج الرئيسي التي تحدد المنتجات وكمياتها حسب الفترات الزمنية ، وهي بدورها تمثل متطلبات خطة الإنتاج ، في حين أن المخرجات تتضمن تقارير التحميل لمراكز العمل ، وعند وجود تباين بين متطلبات جدول الإنتاج الرئيسي من السعة وبين السعة المتاحة : تتم معالجة ذلك بالطرق البديلة : تعديل جدول الإنتاج الرئيسة بما في ذلك إلغاء بعض الطلبيات أو الموارد المخططة أو استخدام أو تعديل مخزون الأمان .

ويمكن أن نلاحظ في هذا المجال أن النقص في السعة يمثل مشكلة كبيرة : لأنه يؤدي إلى عدم القدرة على تنفيذ جدول الإنتاج الرئيسي ، في حين نجد أن الفائض في السعة يمكن أن يستخدم كمصدات احتياطية للتعامل مع الاختناقات غير المتوقعة ، أو لدعم الطلبيات الجديدة أو المعجّلة التي تضطر إليها إدارة المصنع .

إن جانبًا مهمًا من تخطيط احتياجات السعة يتمثل في تحويل الاحتياجات الكمية إلى احتياجات عمل وآلة ، وهذا يتم من خلال عملية ضرب الاحتياجات الكمية لكل فترة بالوقت القياسي للعمل والآلة (الوقت القياسي هو الوقت الأساسي المطلوب لعامل متوسط الكفاءة لإنتاج وحدة من المنتوج مضافًا إليه السماحات من الوقت . لنفرض أن الاحتياجات كانت (١٠٠) وحدة من المنتوج (س) تمت جدولتها في مركز العمل (١) وكان الوقت القياسي لكل وحدة من المنتوج (٢) ساعتين من العمل و(١.٥) ساعة من الآلة ، فإن تحويل الاحتياجات الكمية إلى احتياجات سعة يكون :

العمل : (١٠٠) وحدة × ٢ ساعة / وحدة = ٢٠٠ ساعة عمل .

الآلـة : (١٠٠) وحدة × ١.٥ ساعة / وحدة = ١٥٠ ساعة آلة .

ويمكن مقارنة احتياجات السعة هذه بالسعة المتاحة لتحديد مدى استغلالها ، فلو فرضنا أن مركز العمل (١) سعته المتاحة (٢٠٠) ساعة عمل و(٢٠٠) ساعة آلة ، فإن نسبة الاستغلال تكون :

$$\text{نسبة الاستغلال} = \frac{\text{احتياجات السعة المطلوبة}}{\text{السعة المتاحة}} \times ١٠٠$$

$$\text{نسبة الاستغلال (للعمل)} = \frac{٢٠٠}{٢٠٠} \times ١٠٠ = ١٠٠\%$$

$$\text{نسبة الاستغلال (للعمل)} = \frac{١٥٠}{٢٠٠} \times ١٠٠ = ٧٥\%$$

والمثال رقم (٩-٥) يوضح تحويل الاحتياجات الكمية إلى احتياجات السعة .

مثال (٩-٥) :

أدناه جدول بالوحدات المطلوبة والأوقات القياسية للعمل والآلة للوحدة من المنتوج فى أحد مراكز العمل ، وكانت سعة العمل المتاحة (١٥٠) ساعة ومن الآلة (٢٤٠) ساعة فى أسبوع .

جدول الإنتاج :

الأسبوع	١	٢	٣	٤	٥	٦
كمية (وحدة)	٢٥٠	١٥٠	٤٠٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٥٠

الأوقات القياسية للوحدة :

العمل ٣,٠ ساعة .

الآلة ٤,٠ ساعة .

المطلوب : ١- تحديد احتياجات السعة من العمل والآلة واحتساب نسبة استغلالهما فى كل أسبوع .

٢- كيف يمكن تحسين استغلال آلة فى هذه الحالة ؟

الحـــل :

١- تحديد الاحتياجات الكمية إلى احتياجات عمل وآلة .

الأسبوع	١	٢	٣	٤	٥	٦	المجموع
الكمية	٢٥٠	١٥٠	٤٠٠	٧٥٠	٧٥٠	٧٠٠	٣٠٠٠
وقت العمل المطلوب / ساعة	٧٥	٤٥	١٢٠	٢٢٥	٢٢٥	٢١٠	٩٠٠
وقت الآلة المطلوب / ساعة	١٠٠	٦٠	١٦٠	٣٠٠	٣٠٠	٢٨٠	١٢٠٠

- احتساب نسبة الاستغلال :

الأسبوع	١	٢	٣	٤	٥	٦
نسبة استغلال العمل	٥٠	٣٠	٨٠	١٥٠	١٥٠	١٤٠
نسبة استغلال الآلـة	٤٢	٢٥	٦٧	١٢٥	١٢٥	١١٧

يلاحظ أن هناك ثلاث فترات ذات استغلال أقل من السعة المتاحة من العمل والآلة وثلاث فترات تتجاوز الاحتياجات الكمية السعة المتاحة ؛ لهذا فإن استخدام المخزون يمثل أسلوباً ملائماً لتسوية التذبذب بالطلب ، فتكون النسبة :

$$\text{نسبة استغلال العمل} = \frac{\text{مجموع أوقات العمل المطلوب}}{\text{الوقت المتاح من العمل فى كل فترة} \times \text{عدد الفترات}}$$

$$= \frac{٩٠٠}{١٥٠ \times ٦} \times ١٠٠ = ١٠٠٪$$

$$\text{نسبة استغلال الآلة} = \frac{١٢٠٠}{٢٤٠ \times ٦} \times ١٠٠ = ٨٣٪$$

ومن الضرورى الإشارة إلى أن نسبة الاستغلال (١٠٠٪) تكون صعبة التحقيق لكثرة التغيرات المؤثرة فى ذلك ؛ لهذا فإن إدارة العمليات تسعى إلى تحقيق مستوى ملائم من استغلال السعة بين (٨٠ -٩٥٪) .

٩-٨- تخطيط الأسبقية :

إن مفتاح تخطيط الأسبقية والسيطرة عليها فى المصنع يتمثل فى موعد تسليم الطلبية ؛ حيث إن موعد التسليم يضع الأسبقية النسبية للطلبية بالعلاقة مع السعة المتاحة والطلبيات الأخرى ووقت الانتظار (فى حالتى الشراء والصنع) . وكما يرى أحد رواد نظام (MRP) وهو (أورلكى J.Orlicky) ، أن كل طلبية تتطلب عدداً من العمليات التى يجب أن تنفذ من أجل إكمال الطلبية ؛ لهذا يجب التمييز بين نوعين من الأسبقية :

أولاً : أسبقية الطلبية (Order Priority) : تتحدد هذه الأسبقية من خلال تخصيص موعد التسليم للطلبية ، ويتم تحديد ذلك الموعد على أساس وقت انتظار الإنتاج اللازم لها .

ثانيًا : أسبقية العملية (Operation Priority) : هذه الأسبقية تقوم بها أساليب الجدولة وقواعد الأسبقية التى على أساسها يتحدد التعاقب المختار لإنجاز العمليات المطلوبة . ولكى تكون أسبقية العملية صحيحة ؛ فإنها يجب أن تشتق من أسبقية الطلبية الصحيحة ، وبدون ذلك فإن التأخير عن موعد التسليم يكون وارداً . وهذا النوع من الأسبقية سنقوم بمعالجته فى الفصل التاسع ضمن موضوع قواعد الأسبقية .

إن نظام (MRP) له دور كبير فى تخطيط الأسبقية من خلال وضع الأسبقيات الصحيحة للطلبيات عند إطلاق الطلبيات فى المصنع من حيث توفر السعة والتحديد الدقيق لوقت الانتظار والاحتفاظ بها كمعلومات حديثة . وعند حدوث ما هو غير متوقع ؛ مما يؤثر على تنفيذ الطلبيات فى مواعيد تسليمها مثل عطل الآلات أو تأخير المواد ؛ فإن السيطرة على الأسبقية تكون من خلال التعجيل أو التبطيء ، أى إعادة جدولة الإنتاج ؛ مما يجعل الطلبية تنتج بسرعة أكبر أو أقل على التوالى .

فلو افترضنا أن تأخر المواد قد أدى إلى تأخر إنتاج الطلبية أسبوعًا واحدًا : فإن من الممكن معالجة ذلك باستخدام وقت إضافى من أجل التعجيل أو استخدام متعاقد خارجى للحصول على العددالمطلوب ، إلا أن الإدارة يجب أن تدرس وتحلل تأثيرات هذا التأخير من خلال فحص تركيبة المنتوج على الأجزاء الأخرى ، وتحديث معلومات النظام ليعكس حالة المواد والأجزاء والمخزون بعد التغيير ، واستخدام المعلومات التى تم تحديثها فى جدولة الإنتاج الجديدة .

٩-٩- مخزون الأمان :

إن الظروف التى يعمل فيها نظام (MRP) عادة هى ظروف التأكد ؛ وذلك لأن المعلومات المتعلقة بحجم الطلبية وموعد تسليمها ووقت الانتظار اللازم لإنتاجها تكون محددة ومعلومة : لهذا لا تكون هناك حاجة لمخزون الأمان فى مثل هذه الظروف ، إلا أن هناك مبررات عديدة تدعو للاحتفاظ بمخزون الأمان ، هى :

أولاً : أن نظام (MRP) يعتمد على مدخل الجدولة من الخلف ؛ لأنه يجدول الطلبية من موعد التسليم ، ويرتد إلى الخلف ليحدد موعد إطلاق الطلبية قبل موعد التسليم بفترة زمنية مساوية لوقت انتظار إنتاجها ، والجدولة من الخلف تجعل الوقت عاملاً حرجًا يمكن أن يعرض الطلبية للتأخير عند ظهور أية أحداث غير متوقعة مثل عطل الآلة أو تأخر المواد وغيرها ؛ مما يتطلب الاحتفاظ بمخزون الأمان لمواجهة هذه الأحداث غير المتوقعة .

ثانيـًا : أن أخطاء التنبؤ والتذبذب العشوائى للطلب على المنتوج النهائى والأجزاء وكذلك التوزيع العشوائى لأوقات انتظار الإنتاج والشراء (أو التجهيز) للمواد - يجعل الاحتفاظ بمخزون الأمان ضرورة لابد منها لمواجهة هذا التذبذب ، والمثال (٩-٦) يوضح كيفية احتساب مخزون الأمان غير حالة التذبذب بالطلب خلال الفترات .

إن عدم التأكد فى التنبؤ قد يعنى احتمال التباين بين الطلب المخطط أو المتوقع والطلب الفعلى ، وفى تخطيط الإنتاج ؛ فإن هذا يمكن أن يشير إلى أن التنبؤات المتجددة للطلبيات المستقبلية تختلف عن التنبؤات المبكرة بهذه

الطلبيات فيعدل التنبؤ حسب الطلبيات الجديدة ، ولكن هذا قد لا يكون ممكنًا عندما يكون وقت الانتظار اللازم لتعديل الجديد غير المتاح بدون تأخير ، لمعالجة مثل هذه الحالات يتم اللجوء إلى مخزون الأمان للوقاية من عدم التأكد فى الطلب .

ثالثـًا : أن مزايا نظام (MRP) خفض المخزون إلى أدنى مستوى ، وإن التخطيط الملائم لاستخدام مخزون الأمان فى هذا النظام عن الحاجة يجب أن يتم على مستوى جدولة الإنتاج الرئيسية ، أى أن يكون مخزون الأمان من المنتجات النهائية وليس من الأجزاء أو المواد ، إلا أن هناك أسبابًا تجعل مخزون الأمان مطلوبًا حتى على مستوى الأجزاء والمواد الأولية ؛ وذلك بسب تباين مخرجات العمليات ، أى وجود موارد تعانى من الاختناق (Bottleneck) وموارد أخرى لا تعانى من ذلك ؛ مما يجعل من الملائم استخدام مخزون الأمان عند موارد الاختناق ، ويكون عادة وقتًا احتياطيًا أى مخزون الأمان بالوقت .

مثال (٩-٦) :

مصنع يتوقع أن يواجه فى الفترة القادمة نمطًا متذبذبًا غير مؤكد من الطلب ، ومن أجل مواجهة الطلب على منتوجه خلال الفترات الثمانى القادمة : قام مدير الإنتاج بجمع البيانات عن الطلب خلال الفترات الماضية ، واحتساب متوسط الطلب والانحراف المعيارى فى هذه الفترات مع افتراض أن الطلب يتوزع توزيعًا طبيعيًا .

الفترة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
متوسط اطلب	١٢٠	٨٠	٦٠	٥٥	٤٠	١٠٠	١٤٠	١٦٠
الانحراف المعيارى (ع)	٣٠	٢٢	١٨	١٥	١٠	٢٥	٣٢	٣٦

المطلوب : احتساب الطلب المتوقع باستخدام مخزون الأمان لطلبات الفترات الثمانى القادمة ، علمًا بأن المصنع يعتمد مستوى الخدمة (٩٧٪) .

الحــــل :

لأن توزيع الطلب هو توزيع طبيعى ؛ فإن مخزون الأمان يمكن احتسابه كالآتى :

مخزون الأمان = ع (م)

حيث ع = الانحراف المعيارى .

م = القيمة القياسية للإحداثى السينى والمسافة بين المتوسط ونقطة التغير فى الطلب ، وإن (م) عند درجة الثقة أو مستوى الخدمة (٩٧٪) تستخلص من جداول القياسية وهى (١,٨٩) .

إذن مخزون الأمان فى الفترة الأولى = ٣٠ × ١,٨٩ = ٥٦,٧٥٧ وحدة .

الطلب المتوقع = متوسط الطلب + مخزون الأمان

الطلب المتوقع فى الفترة (١) = ١٢٠ + ٥٧ = ١٧٧ وحدة .

الطلب المتوقع فى الفترة (٢) = ٨٠ + (٢٢ × ١,٨٩) = ١٢١,٥٨١٢٢ وحدة .

والجدول يوضح احتساب الطلب المتوقع فى الفترات الثمانى القادمة :

الفترة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
متوسط الطلب	١٢٠	٨٠	٦٠	٥٥	٤٠	١٠٠	١٤٠	١٦٠
الطلب المتوقع	١٧٧	١٢٢	٩٤	٨٣	٥٩	١٤٧	٢٠٠	٢٢٨

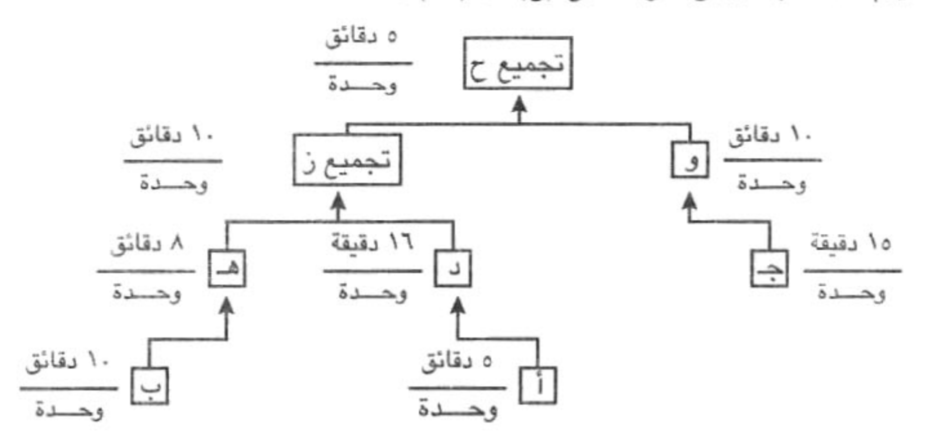
ولابد أن نشير إلى أن مخزون الأمان يمكن أن يستخدم فى نظام (MPR) بشكلين هما :

١- مخزون الأمان بالكميات : يمثل وحدات من المنتوج النهائى يتم الاحتفاظ بها واستخدامها لمواجهة التذبذب بالطلب أو فى وقت الانتظار (فترة التوريد) لتجنب نفاذ المخزون .

٢- مخزون الأمان بالوقت : يشير إلى الوقت الإضافى لإطلاق الطلبيات بوقت مبكر ؛ لمواجهة التأخير فى تجهيز المواد والتأخير فى الإنتاج أو لمواجهة نقص السعة فى موارد الاختناق بالمقارنة مع موارد اللاختناق ، حيث يمكن استخدام وقت إضافى عند موارد الاختناق لاستخدامه فى إنتاج كمية أكبر من هذه الموارد لتغذية مواد اللاختناق . والمثال (٩-٧) يوضح هذا الاستخدام لمخزون الأمان بكلا الشكلين .

المثال (٩-٧) :

أدناه تركيبة المنتوج (ح) والوقت المطلوب للعمليات ، مع افتراض أن كل جزء يتم تصنيعه من قبل عامل مختص به ، وأن الوقت المتاح لكل عامل هو (٤٨٠) دقيقة فى اليوم ، والطلب اليومى على المنتوج (ح) هو (٣٠) وحدة .



المطلوب : ١- ما هى موارد الاختناق (الموارد محدودة السعة) وموارد اللاختناق ؟

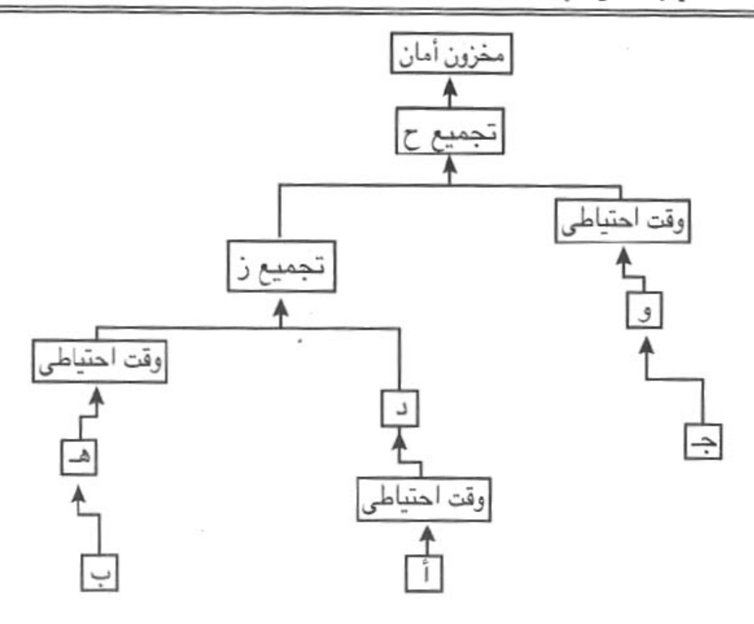
٢- أين يمكن وضع الوقت الاحتياطى (مخزون الأمان بالوقت) ومخزون الأمان بالكمية ؟

٣- ما هو حجم الأمان بالكمية إذا كان وقت انتظار التصنيع يومين ؟

الحـــل :

على أساس توفر (٤٨٠) دقيقة تشغيلية فى اليوم لكل عملية ؛ فإن المخرجات القصوى من كل عملية هى :

العملية	المخرجات الكلية / يوم
أ	٤٨٠ \ ٥ = ٩٦ وحدة
ب	٤٨٠ \ ١٠ = ٤٨ وحدة
جـ	٤٨٠ \ ١٥ = ٣٢ وحدة
د	٤٨٠ \ ١٦ = ٣٠ وحدة
هـ	٤٨٠ \ ٩ = ٤٨ وحدة
و	٤٨٠ \ ١٠ = ٤٨ وحدة
ز	٤٨٠ \ ١٠ = ٤٨ وحدة
ح	٤٨٠ \ ٥= ٩٦ وحدة



لأن المخرجات القصوى للعملية (د) تساوى طلب السوق ؛ فإنها تمثل مورد اختناق ، كما أن العملية (جـ) قريبة من الاختناق (أى مورد مقيد لطاقة النظام) ، بينما العمليات الأخرى يمكن أن تنتج أكثر من طلب السوق .

ب - إن الوقت الاحتياطى يجب أن يوضع قبل الاختناق وبين الاختناق والعمليات الأخرى التى تتم تغذيتها بواسطة مورد اللااختناق . أما مخزون الأمان فيفضل أن يحتفظ به على مستوى المنتجات النهائية ؛ لهذا يكون مكونًا من وحدات تجميع (ح) . والشكل أعلاه يوضح هذه الإجراءات .

يلاحظ من الشكل أعلاه أن الوقت الاحتياطى وضع بعد العملية (أ) وقبل (د) ؛ لأن العملية (أ) مخرجاتها القصوى (٩٦) وحدة والطلب فى السوق (٣٠) ؛ لذا فإنها يمكن أن تتضمن وقتًا احتياطيًا يستخدم فى العملية (د) التى مخرجاتها القصوى (٣٠) وحدة وتكون موردًا حرجًا .

جـ- إذا كان وقت انتظار التصنيع هو يومين ؛ فهذا يتمثل مع إنتاج (٦٠) وحدة ؛ لهذا فإن حجم مخزون الأمان الموصى به هو (٣٠) وحدة بما يعادل نصف وقت الانتظار .

٩-١٠ - مزايا وعيوب تخطيط الاحتياجات من المواد :

لقد أشرنا فى بداية هذا الفصل إلى النتائج المهمة التى يحققها نظام (MRP) ، وهذه النتائج تمثل مزايا تبرر استخدامه ، خاصة أن الإنتاج حسب الطلب (نمط طلب متكتل) المنتجات متعددة المراحل (نمط طلب تابع للأجزاء والمواد الأولية) تجعل نماذج المخزون بما فى ذلك نموذج وجبة الصنع الاقتصادية غير ملائمة لمعالجة هذه البيئة بكفاءة كما يقوم بذلك نظام (MRP) .

ورغم هذه المزايا التى تبرر استخدام نظام (MRP) ؛ فإن هناك عيوبًا فى هذا النظام تستلزم التقييم والمعالجة وهذه العيوب هى :

أولاً : إن نظام (MRP) يقوم على افتراض أن كل المعلومات المتعلقة بالإنتاج والشراء معلومة ومؤكدة ، إلا أن عدم التأكد سرعان ما يظهر فى بيئة (MRP) سواء فى تذبذب الطلب والتذبذب فى أوقات الانتظار ، وبدلاً من أن يوفر النظام طرقًا فعالة لمعالجتها ؛ فإنه يلجا إلى مخزون الأمان بالكمية أو الوقت ؛ مما يحد من كفاءة النظام .

ثانيـــاً : إن نظام (MRP) لا يناقش مشكلة مهمة هى مشكلة سعة الإنتاج ؛ لأنه يأخذ الطاقة على أنها معطى لابد أن تتوفر بمقدار الاحتياج ، وهذا غير ممكن من الناحية العملية ؛ لأن الطلبيات يمكن أن تؤدى إلى احتياجات كلية تتجاوز السعة أو تكون دونها ؛ ولهذا فإن وجود تخطيط الاحتياجات من السعة - وهو ليس جزءًا من نظام MRP - (انظر الشكل رقم ٩-١) يصبح حاجة ملحة لمعالجة هذا النقص فى نظام (MRP) .

ثالثـًا : إن نظام (MRP) يقدم نمطًا أقل اهتمامًا وتفاعلاً من الزبون ؛ لأنه يمثل نمطًا تقليديًا فيما يتعلق بتحديد الطلب والطلبيات فى وقت أصبح الاقتراب من الزبون والتفاعل معه مبدأ أساسيًا فى نجاح الأعمال بشكل عام .

رابعـًا : إن نظام (MRP) أقل اهتمامًا بتصميم الإنتاج والعمليات الإنتاجية ؛ حيث إنه يتعامل معها كمعطيات لابد من التعامل معها كما هى .

خامسًا : إن نظام (MRP) فى الشركات التى لا تستخدم الحاسبة يكون مكلفًا ؛ لأنه يتطلب إدخال نظام معلومات يعتمد بالأساس على الحاسبة .

٩-١١- تخطيط الموارد الصناعية (Manufacturing Resource Planning) :

إن نظام تخطيط الاحتياجات من المواد (MRP) هو أقرب إلى معالجة السيطرة على الإنتاج والمواد على المستوى العملياتي ، إلا أن هذا النظام يمتلك إمكانات كبيرة للتطور والتوسع ، ويعد نظام تخطيط الموارد الصناعية ويرمز له (MRPII) التطوير الأكثر أهمية فى هذا المجال ؛ حيث إنه ينقل عملية السيطرة على الإنتاج إلى المستوى الإستراتيجى .

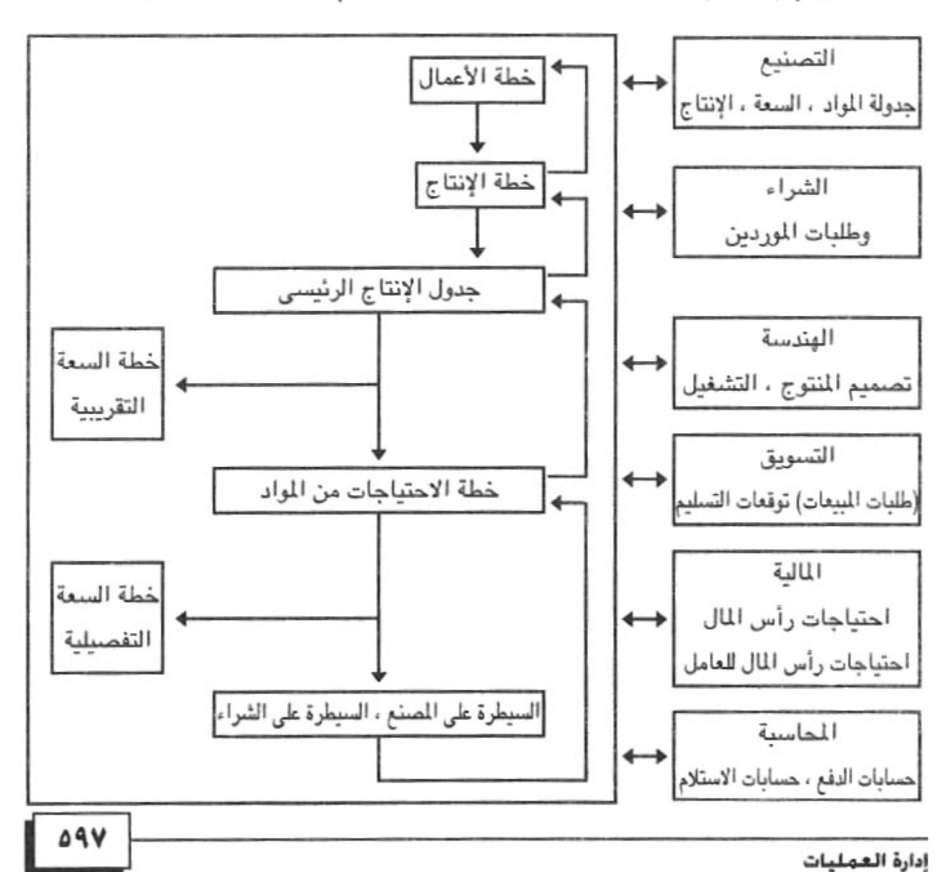
فى دراسة مهمة أعدها ميلنك وجونزليز (Melnyk and Gonzalez) حول هذا النظام توقعا فيها أن نظام (MRPII) هو الأكثر ملاءمة لأغلب الشركات الأمريكية . وأن الصناعة الأمريكية – التى شهدت فترة عصيبة اتسمت بتدنى الإنتاجية والنوعية وظهور المنافسة القوية (من أوربا واليابان) – يمكن أن تجتاز حافة المنافسة ليس بالاعتماد على الحجم الكبير والتقيس ، وإنما على وجبات صغيرة أكثر تخصصًا ومنتجات ذات قيمة عالية بالاعتماد على نظام (MRPII) .

وكما يقول (جميس إيفان J.R.Evans) فإن (MRPII) هو وسيلة للإدارة ، التنبؤ ، والسيطرة على موارد الشركة والاستثمارات التشغيلية ؛ فهو يستلزم وظائف أوسع للشراء ، تخطيط السعة ، الجدولة الرئيسة المخزون ، وأوقات الانتظار وغير ذلك ، وربطها بالوظائف الأخرى كالتسويق والمالية فى إطار إستراتيجية وحدة الأعمال ؛ فخطط الإنتاج البديلة يمكن أن تتحول بسهولة أكبر إلى خطط بديلة فى التسويق والمالية من خلال قاعدة البيانات المشتركة التى يعتمد عليها نظام (MRPII) ؛ لهذا كله فإن (إيفان J.R.Evans) يعتبر هذا النظام النظام الشامل للشركة الذى فيه تتفاعل المجموعات الوظيفية (الإنتاج ، التسويق ، المالية ... إلخ) بشكل مشترك ورسمى لصنع القرارات المشتركة .

إن الشكل رقم (٩-١٤) يقدم رؤية لنظام (MRPII) كنظام متكامل للتخطيط والسيطرة فى الشركة الصناعية . ولعل هذه الرؤية هى التى تفسر التعريف الواسع الذى قدمته الجمعية الأمريكية للسيطرة على الإنتاج والمخزون (APICS) بأنه طريق

للتخطيط الفعال لكل موارد الشركة الصناعية ؛ فهو يعتبر طريقة مثالية للتخطيط العملياتى بالوحدات ، والتخطيط المالى بالدولار ، والمحاكاة للطاقة للإجابة عن أسئلة (ماذا لو) ، وتقوم بوظائف متعددة ومترابطة : تخطيط الأعمال ، تخطيط الإنتاج ، تخطيط احتياجات الطاقة ، ونظام التنفيذ للطاقة والأسبقية ، وأن مخرجاتها ستكون متكاملة مع التقارير المالية مثل خطة الاعمال ، تقرير التزامات الشراء ، موازنة الشحن ، والمخزون المتوقع بالدينار ... إلخ ، كل هذا إنما يتم فى إطار إستراتيجى شامل الرؤية للشركة .

الشكل رقم (٩-١٤) : تخطيط الموارد الصناعية ، نظام متكامل للتخطيط والسيطرة



ومن هذا التعريف يمكن أن نحدد خمس خصائص لهذا النظام كما فى الجدول رقم (٩-١٥) .

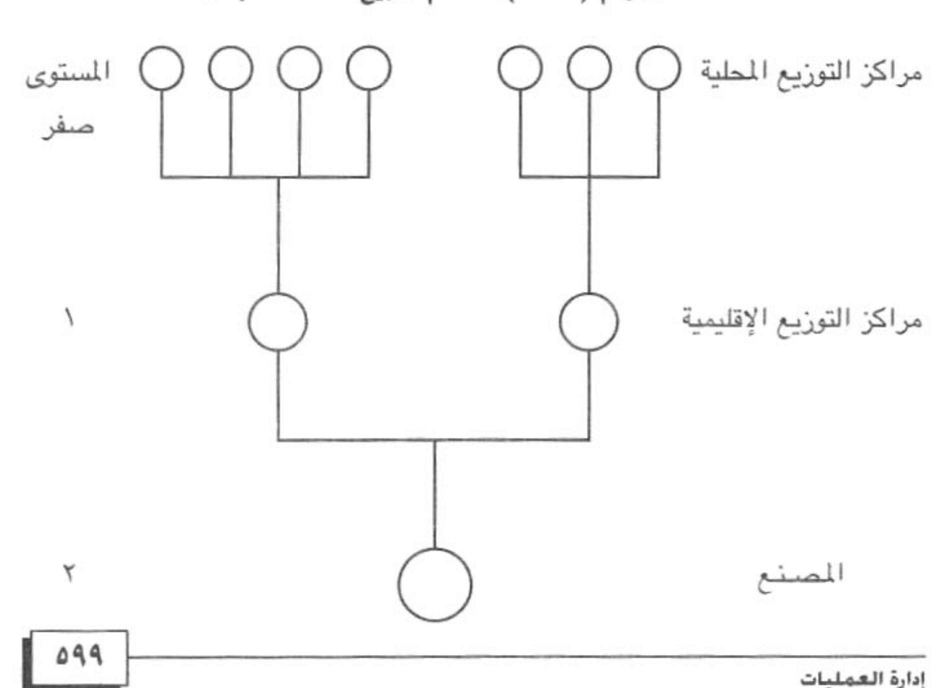
الجدول رقم (٩-١٥) : خصائص وتطبيقات (MRPII)

الخصائص	التطبيقـــات
١- نظام أعلى وأسفل	إن عملية التخطيط تبدأ مع صياغة خطة الأعمال الإستراتيجية ، وأن خطة الأعمال تعاد صياغتها ووضعها كإستراتيجيات وخطط وظيفية (هذه الخصيصة تحقق ربط الإنتاج بالتخطيط الإستراتيجى فى النظام) .
٢- قاعدة بيانات مشتركة	هناك مجموعة واحدة فقط من الملفات فى الشركة ، كل قسم يستخدم المعلومات والأرقام لتقييم السياسات البديلة ، وأن أرقام الإنتاج يمكن تحويلها بشكل جاهز إلى أرقام مالية .
٣- قدرات ماذا ... لو	النظام يولد احتياجات الموارد التفصيلية لدعم الخطط البديلة والقدرة على المحاكاة الكاملة التى تستخدم بشكل روتينى لتقييم الخطط البديلة .
٤- النظام المتكامل للشركة	المجموعات الوظيفية (الإنتاج ، المحاسبة ، الإنتاج - المالية ، التسويق - الإنتاج) تتفاعل بشكل رسمى وروتينى والقرار المشترك يمكن أن يتخذ من قبل قسمين أو أكثر (إن جدول الإنتاج الرئيسى هومسؤولية مشتركة بين الإنتاج والمبيعات) .
٥- صلاحية ووضوح النظام	المستفيدون فى كل المستويات والأقسام يفهمون ويقبلون منطق وواقعية النظام .

٩-١٢- تخطيط احتياجات التوزيع (Distribution Requirement Planning) :

إن نظام تخطيط احتياجات التوزيع ومختصره (DRP) هو أسلوب للسيطرة على المخزون والجدولة وتطبيق مبادئ (MRP) على مخزون التوزيع ، فعندما تكون هناك مراكز توزيع إقليمية تغذى مراكز توزيع محلية ؛ فإن مخزون التوزيع فى هذه المراكز يمكن السيطرة عليه بكفاءة من خلال نظام (DRP) . وبافتراض مخزون التوزيع الذى يظهر فى الشكل (٩-١٦) فإن المستوى الأعلى (المستوى صفر) يمثل مراكز التوزيع المحلية ، والمستوى الأوسط (المستوى ١) يمثل مراكز التوزيع الإقليمية التى تجهز مخزون مراكز التوزيع المحلية حسب الطلب ، والمستوى الأدنى يتألف من مصنع أو أكثر تجهز مراكز التوزيع الإقليمية .

الشكل رقم (٩-١٦) : نظام توزيع متعدد الطبقات



كانت المصانع فى الماضى تميل لجدولة الإنتاج للإيفاء بالطلب المتوقع لمراكز التوزيع الإقليمية ، وإن مراكز التوزيع الإقليمى بدورها تستكمل مخزونها على أساس أنماط الطلب المتوقع لمراكز التوزيع المحلية ، وكان نموذج نقطة إعادة الطلب يستخدم عند المستويات الثلاثة . ولتوضيح مساوئ هذا المدخل لنفرض أن طلب الزبون على المنتوج يزداد فجأة بنسبة (١٠٪) ، ماذا سيحدث عندها ؟ لأن مراكز التوزيع المحلية تحتفظ بالمخزون ؛ فسيمر وقت أطول قبل أن تشعر المصانع بالزيادة (١٠٪) بشكل كامل ، والتى تعكس طلباً أعلى عند مراكز التوزيع الإقليمية ، وهذا يعنى أنه يمكن أن تستمر المصانع لأشهر فى الإنتاج الناقص بنسبة (١٠٪) ، وعندما يظهر هذا التغير فى الطلب (بعد أشهر) عند مستوى المصانع ؛ فإن هذه الأخيرة يجب أن تزيد مخرجاتها بأكثر من (١٠٪) لاستكمال المخزون ؛ لذا فإن التغير الصغير تدريجيًا سيتحول إلى تغير كبير بعد فترة .

أما باستخدام نظام (DRP) ؛ فإن رصيد المخزون يحفظ لكل مادة فى كل موقع ، فإطلاق الطلبيات المخططة عند مستوى مراكز التوزيع المحلية يستخدم لاشتقاق الاحتياجات الكلية لكل مادة عند مستوى مركز التوزيع الإقليمى باستخدام منطق (MRP) وقائمة المواد ، وخطط الاحتياجات ولمركزى التوزيع المحليين ولمركز التوزيع الإقليمى . والجدول رقم (٩-١٧) يوضح استخدام هذا النظام .

الجدول رقم (٩-١٧) : خطط احتياجات التوزيع

مركز التوزيع المحلى (١)		الأسابيع							
المادة = س فترة الانتظار = (٢٢) أسبوعًا مخزون الأمان = ٧٠ حجم الطلبية = ٢٥٠		١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
الطلب المتوقع		٤٠	٤٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٧٠	٧٠
المخزون المتاح	٢٣٠	١٩٠	١٥٠	١١٠	٦٠	٢٥٠	١٨٠	١١٠	٢٩٠
إطلاق الطلبية المخطط				٢٥٠			٢٥٠		

مركز التوزيع المحلى (٢)		الأسابيع							
المادة = س فترة الانتظار = (٣) أسابيع مخزون الأمان = ٧٠ حجم الطلبية = ٣٠٠		١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
الطلب المتوقع		٦٠	٦٠	٦٠	٦٠	٦٥	٦٥	٦٥	٦٥
المخزون المتاح	٩٠	٣٣٠	٢٧٠	٢١٠	١٥٠	٨٥	٣٢٠	٢٢٥	١٩٠
إطلاق الطلبية المخطط				٣٠٠					

مركز التوزيع الإقليمى		الأسابيع							
المادة = س فترة الانتظار = (٣) أسابيع مخزون الأمان = ١٠٠ حجم الطلبية = ١٥٠٠		١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
الطلب المتوقع				٥٥٠			٢٥٠		
المخزون المتاح	١٧٥٠	١٧٥٠	١٧٥٠	١٢٠٠	١٢٠٠	٢٧٠٠	٢٤٥٠	٢٤٥٠	٢٤٥٠
إطلاق الطلبية المخطط				١٥٠٠					

٩-١٣- دور الحاسبة فى أنظمة (MRP) :

إن دور الحاسبة فى أنظمة (MRP) يعتبر دوراً مركزيًا ؛ لأن هذه الأنظمة فى الأصل هى أنظمة حاسبة وتطورت الاستفادة من إمكاناتها . وهى فى آليات عملها تعتمد على الإمكانات الكبيرة التى توفرها الحاسبة لقاعدة المعلومات التى تعتمد عليها أنظمة (MRP) فى الرقابة على الإنتاج والشراء والمخزون وفى التنسيق بين مختلف مستويات ومراكز الإنتاج والشراء والخزن (كما فى نظام تخطيط الاحتياجات من الموارد) ، وبين الوظائف الأساسية فى الشركة كالإنتاج والتسويق والمالية والشراء والهندسة (كما فى نظام تخطيط الموارد الصناعية) ، وكما يقول (ميلنك وغونزاليز Melnyk and Gonzalez) إن المعلومات فى أنظمة (MRPII) فى الشركات تعادل التخطيط الإستراتيجى فى الرقابة على المصنع ؛ حيث إنها توحد التسويق والتصنيع والمالية ... إلخ .

ولقد جرت محاولات كثيرة لتطوير برامج حاسبة لتطبيقات أنظمة (MRP) فى الشركات ، ومن ذلك ما قامت بتطويره شركة (IBM) الأمريكية ، حيث قدمت نظام الرقابة المتكاملة على الصنع بمساعدة الحاسبة (COPICS) ، وكذلك ما قام به (رتزمان وكراجيوسكى Ritzman and Krajewski) من تطوير لنظام محاكاة بالحاسبة يدعى نظام محاكاة التصنيع (Manufacturing Simulation System) ومختصره (MASS) ، وهو كما يقول رتزمان وزميله شامل بشكل كاف ؛ ليسمح للمديرين بمعرفة العوامل فى بيئة التصنيع (الإنتاج) الأمريكية أو اليابانية الأكثر تأثيراً فى تحقيق نجاح الأعمال .

إن نظام (MASS) هو نظام حاسبة لمحاكاة أى نوع من البيئة الصناعية فى المصنع ، ويتضمن أنظمة (MRP) وكانبان (Kanban) ، نقطة إعادة الطلب (ROP) ، تخطيط احتياجات الوجبة (LRP) ، والتشكيلات المختلفة لهذه الأنظمة . وهذا النظام حاليًا يستطيع أن يتكامل مع (٢٥٠) وحدة مخزنية من المواد أو عوائل المواد واستخدامها فى (٢٢٠) مركز عمل ، وبافتراض أن المصنع يعمل ثلاث وجبات يوميًا ، وهو ملائم فى المصانع المتوسطة التى تستخدم (٧٥٠) عاملاً . وقد تم تطبيق هذا النظام فى عينة من (١٦) مصنعًا متباين الأنشطة ، وأدى إلى نتائج إيجابية كبيرة فى تقليص الاستثمار وخفض المخزون وتحسين خدمة الزبون وخفض احتياجات العمل واختناق الآلات .. إلخ وبعد فإن المستقبل سيشهد المزيد من تطبيقات أنظمة الحاسبة على البيئة الصناعية ،

وهذا يترافق مع استخدام التكنولوجيا الحديثة ، وأن التصنيع المتكامل على أساس الحاسبة (CIM) والذى يمثل نظام (MRP) نظاماً فرعياً فيه يعد نموذجاً لمصانع الغد المؤتمتة .

٩-١٤- استخدام تخطيط الاحتياجات من المواد فى الخدمات :

إن بعض الشركات الخدمية لها خصائص شبيهة بالشركات الصناعية ، فمثلاً فى المطعم فإن الوجبات يمكن أن تكون منتوجاً نهائيًا شبيهًا بأى منتوج يتم صنعه فى المصنع ، وأن الخدمة المطلوبة لتجميع الطلبية يمكن أن تتحدد بشكل قائمة مواد وأوقات انتظار وهكذا . وبالنسبة للخدمات كثيفة العمل كالتعليم والحفلات ، فمن الممكن استخدام قائمة العمل بما يناظر قائمة المواد .

ولكن لابد من ملاحظة أن الاتصال بالزبون وخصوصية الخدمات المطلوبة جراء هذا الاتصال ؛ تجعل من غير الممكن توحيد قائمة المواد أو تركيبة موحدة للخدمة ، وهذه الملاحظة تنطبق على مجموعة واسعة من الخدمات ، إلا أن هناك خدمات يمكن حتى عند الاتصال بالزبون أن تأخذ شكلاً نمطيًا محدود التنوع ؛ مما يمكن معها الاستفادة من مفاهيم نظام (MRP) فى معالجتها والرقابة عليها .

ففى الخدمة الصحية مثلاً فى قسم الأمراض الباطنية فى أحد المستشفيات ، من الممكن التنبؤ بأنواع الخدمة الصحية المطلوبة (إلا المنتجات النهائية للخدمة) بالاعتماد على بيانات الفترة السابقة ، وفى ضوء هذا التنبؤ يتم إعادة الجدول الرئيسى لأنواع الخدمة النمطية حسب الفترات ، وحيث إن كل نمط خدمة له مكونات : وقت الخدمة من قبل الطبيب ، تحليلات ، أدوية وغيرها ؛ لذا يمكن تطوير تركيبة خدمة بهذه المكونات ، ومن ثم وضع خطة احتياجات من الخدمات ، ومن خطة الاحتياجات يمكن التوصل إلى احتياجات السعة (من الأطباء ، المساعدين ، المختبرات ، الصيدلية ... إلخ) فى القسم .

إن قطاع الخدمات بوصفه القطاع الأكثر أهمية فى الفترة القادمة ، سيكون أكثر القطاعات استخداماً للأنظمة والأساليب الأكثر كفاءة المطبقة فى قطاع الصناعة ؛ لهذا فإن نظام (MRP) وبقية أنظمة الإنتاج الحديثة ستشهد تطبيقات أوسع وتكييفاً أكبر فى قطاع الخدمات فى المستقبل .

الأسئلـــة :

١ - لماذا يعتبر استخدام نظام تخطيط الاحتياجات من المواد ملائمًا فى حالة الطلب التابع وللإنتاج متعدد المراحل ؟

٢ - إن من أهداف نظام تخطيط الاحتياجات من المواد تخفيض المخزون ، وضح كيف يتم تحقيق ذلك .

٣ - ماذا نعنى بما يأتى :
أ - جدولة الإنتاج الرئيسة .
ب - قائمة المواد .
جـ - ملف حالة المخزون .
د - منطق المعالجة فى نظام تخطيط الاحتياجات من المواد .

٤ - وضح لماذا يتم احتساب احتياجات الجزء فى كل منتوج من المنتجات بشكل منفصل فى نماذج نقطة إعادة الطلب .

٥ - كيف يمكن تحديث نظام تخطيط الاحتياجات من المواد ، وما هى المزايا والعيوب فى كل أسلوب من أساليب التحديث ؟

٦ - ما هى مدخلات ومخرجات نظام تخطيط الاحتياجات من المواد ؟

٧ - ماذا نعنى بعصبية النظام ، وما هى الوسائل التى تساعد على تهدئة النظام وتجنب هذه العصبية ؟

٨ - ماذا نعنى بتعقب الأجزاء . واضرب أمثلة عن الأسباب المؤدية إلى القيام بهذه العملية ؟

٩ - وضح العلاقة بين كلفة الإعداد وكلفة الاحتفاظ بالمخزون فى تحديد حجم الوجبة ؟

١٠- ماذا نعنى بتخطيط احتياجات الطاقة ، وما هى الطرق المتبعة عند وجود تباين بين الطلب والطاقة ؟

١١- ماذا نعنى بتخطيط الأسبقية ، وما هى الأسباب المؤدية إلى تحسين تخطيط الأسبقية ؟

١٢- ما هى الأسباب التى تجعل الاحتفاظ بمخزون الأمان بالكمية أو بالوقت فى نظام تخطيط الاحتياجات من المواد ؟

١٣- ماذا نعنى بالآتى : تخطيط الموارد الصناعية ، تخطيط احتياجات التوزيع ، إمكانية الاستفادة من نظام تخطيط الاحتياجات من المواد فى قطاع الخدمات ؟

التمارين :

١- المصنع الحديث يقوم بإنتاج المنتوجين النهائيين (م) و(ن) ، وقد تلقى الطلبيات الآتية :
- (٥٠٠) وحدة مطلوب تسليمها فى الأسبوع الثانى من المنتوج (م) .
- (٤٠٠) وحدة مطلوب تسليمها فى الأسبوع الرابع من المنتوج (م) .
- (٨٠٠) وحدة مطلوب تسليمها فى الأسبوع العاشر من المنتوج (م) .
- (٦٠٠) وحدة مطلوب تسليمها فى الأسبوع الثالث من المنتوج (ن) .
- (٢٠٠) وحدة مطلوب تسليمها فى الأسبوع الثامن من المنتوج (ن) .
- (٣٠٠) وحدة من كلا المنتوجين (م) و(ن) مطلوب تسليمها فى الأسبوع السادس .

المطلوب : إعداد جدولة الإنتاج الرئيسة للمنتوجين (م) و(ن) .

٢- المنتوج (ع) يتم صنعه من ثلاثة أجزاء هى (٢أ) (٣ب) و(ج) ، وكان الجزء (ب) يصنع من (٤هـ) (٣و) و(٢ز) ، والجزء (ج) يصنع من (٢ح) و(٣ط) ، وإن الجزء الفرعى (هـ) يصنع من المواد الأولية (٢ك) و(٣ل) .

المطلوب : إعداد تركيبة المنتوج (ع) وتحديد احتياجات كل جزء إذا كانت هناك طلبية مقدارها (٣٠٠) وحدة من المنتوج (ع) .

٣- مصنع القدس للأجهزة الإلكترونية يقوم بإنتاج لوحة مفاتيح مستقلة ، وكان حجم الوجبة فى المصنع (٢٠٠) وحدة ومخزون البداية (١٢٠) وحدة ، وقد توفرت البيانات فى الجدول أدناه عن الطلبات المتوقعة على لوحة المفاتيح فى الفترات الست القادمة .

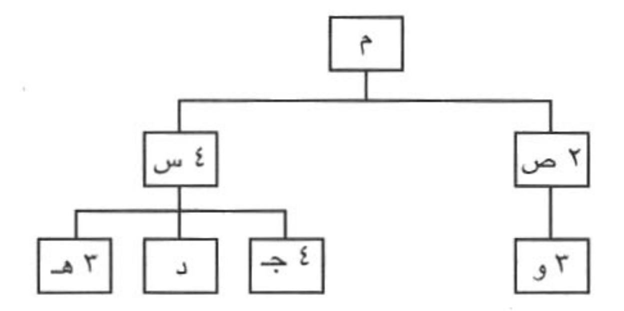
المطلوب : إعداد جدولة الإنتاج الرئيسة واحتساب مخزون البداية والنهاية فى الفترات الست .

مخزون البداية = ١٢٠	الفترات					
حجم الوجبة = ٢٠٠	١	٢	٣	٤	٥	٦
الطلب المتوقع	٢٠	٦٠	–	٤٠	٥٥	٤٠
طلب معرض المصنع	٢٠	١٠	٣٠	–	١٠	–
طلبيات الزبائن	٣٠	١٠	١٠	٢٠	–	–
طلبيات المستودع	١٠	٥	–	٢٠	١٥	١٠

٤- أدناه تركيبة المنتوج (م) وكانت أوقات الانتظار كالآتى :

م = أسبوع واحد ، (ص) ، و(جـ) = أسبوعان ، وهناك استلام مجدول من (م) مقداره (٥٠) وحدة ومن (ص) مقداره (١٠٠) وحدة فى الأسبوع السابق ، ومن (س) مقداره (١٠٠) وحدة ومن (د) (٢٠٠) وحدة ، و(جـ) (٥٠) وحدة فى الأسبوع الرابع ، كما أن هناك خزين بداية من (و) مقداره (٣٠٠) وحدة ، ومن (جـ) (٢٥٠) وحدة ، ومن (هـ) (٤٠٠) وحدة ، فإذا كان الأسلوب المتبع فى تحديد الوجبة هو الوجبة المساوية للاحتياج .

حدد جدول الإنتاج الرئيسى للمنتوج (م) وخطط الاحتياجات للمنتوج والأجزاء المكونة إذا كانت هناك طلبية (٣٠٠) وحدة من المنتوج (م) تسلم فى الأسبوع العاشر .



٥- فى الجدول الآتى الطلب المتوقع على أحد المنتجات فى ثمانى فترات قادمة ، وكانت كلفة الإعداد (١٥٠) ديناراً ، وكلفة الاحتفاظ (١,٥) دينار / وحدة / فترة .

الفترة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٩
الطلب (وحدة)	١٠٠	٨٠	٣٠	٦٠	١٠	٣٠	٦٠	٨٠

المطلوب : احتساب حجم الوجبة والكلفة الكلية باستخدام :

أ - أسلوب وجبة لوجبة .

ب - كمية الوجبة الاقتصادية .

ج - أسلوب سيلفر - ميل .

د - كلفة الوحدة الأقل .

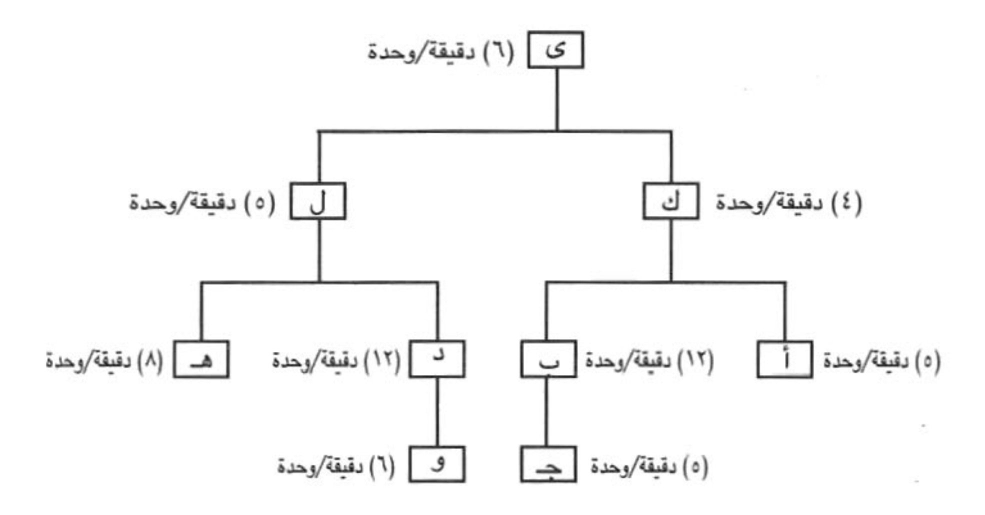
هـ- الكلفة الكلية الأقل .

٦- أدناه تركيبة المنتوج ، أى أوقات معالجة الأجزاء المكونة له ؛ فإذا كان عدد ساعات العمل فى اليوم (١٠) ساعات ، والطلب فى السوق (٥٠) وحدة من المنتوج (ى) فى اليوم .

المطلوب : أ - تحديد موارد الاختناق وموارد اللااختناق .

ب - أين يمكن وضع مخزون الأمان بالكمية والوقت ، ولماذا ؟

جـ- ما هو حجم مخزون الأمان بالكمية إذا كانت وقت انتظار الإنتاج (٣) أيام ؟



المراجع :

(1) E. Adam, Jr and R. J. Ebert. Production and Operations Management, Printice-Hall of India private Lmd New Delhi. 1993.

(2) E. Anderson, The Management of Manufacturing Models and Analysis, Irwin, Homewood, Bosten, 1994.

(3) Tn. M. Cook and R. a. Russell, Contemporary Operations Management Text and Cases, Printice-Hall Inc New Jersey. 1980 .

(4) J. R. Evans. Applied Production and Operation Management, West Publishing Co. America. 1993.

(5) D. W Mcleavey and S. I. Narasimhan, Production Planning and Inventory Control, Allyn and Bacon, Inc Bosten 1985.

(6) S. A. Melnyk and R. f. Gonzalea. MRP|| : The Early Returns Are In. In : J. H. Dec[illegible]lly. Jr. et al (Editers), Perspectives on Management, Universal Book Stall, New Delhi, 1988.

(7) W. [illegible] Stevenson, Production / Operations Management, Richard D. Irwin, London. 1996.

(8) P. [illegible] [illegible]rsine, Principles of Inventory and Material Management, Elsevier Science Publishing, New York, 1982.

(9) J. A. Orlicky, Net Change Material Requirement Planning, IBM, System Journal, Vol 12. No. 1, 1973 PP2-27.

(10) G. W. Ploss, MRP Yesterday, Today and Tomorrow Production and Inventory Management Review, Voll, 21, No, 3, 1980 PP 1-10 .

(11) L. P. Ritzman and L. J. Krajewski, Manufacturing Performance Pulling The Right Levers, HBR March-April, 1984 PP 143-53.

الفصل العاشر : جدولة الإنتاج

١٠ – ١ – المدخل .
١٠ – ٢ – الجدولة ونمط الرقابة على الإنتاج .
١٠ – ٣ – رؤية كلية للجدولة .
١٠ – ٤ – التحميل :
أولاً : مخطط جانت .
ثانيًا : طريقة الأرقام القياسية .
ثالثًا : طريقة التخصيص .
١٠ – ٥ – التعاقب :
أولاً : قواعد الأسبقية .
ثانياً : قواعد وحالات أخرى .
(١) قاعدة الخامل الأقل .
(٢) تقليل عدد الأعمال المتأخرة .
(٣) قاعدة جونسون .
(٤) معالجة الاعمال فى ثلاثة مراكز عمل .
١٠ – ٦ – الجدولة التفصيلية .
١٠ – ٧ – التعجيل .
١٠ – ٨ – الرقابة على المدخلات والمخرجات .
١٠ – ٩ – مداخل الجدولة :
أولاً : الجدولة من الخلف .
ثانيًا : الجدولة إلى الأمام .
١٠ –١٠– الجدولة فى الخدمات .
١٠ –١١– استخدام الحاسبة فى الجدولة .
١٠ –١٢– التجربة اليابانية فى مجال الجدولة .
الأسئلة .
التمارين .
المراجع .

١٠-١- المدخل :

تعتبر الجدولة عملية برمجة زمنية لتخصيص الأعمال على مراكز العمل وتحديد تعاقبها بشكل تفصيلي ؛ بما يساعد على تحقيق الاستغلال الكفء للموارد المتاحة ، وهى بهذا المعنى تمثل تخطيطًا عند مستوى تنظيمى أدنى ومعالجة تفصيلية للعمليات اليومية خلال أفق زمنى قصير . وقد أوضحنا فى فصل سابق أن التخطيط الإجمالى (والبعض يسميه الجدولة الإجمالية) يغطى أفقًا زمنيًا يمتد من (٣-١٨) شهرًا ، وأن الخطة الإجمالية هى أهم المخرجات الأساسية للتخطيط الإجمالى . والجدولة (وتسمى أيضًا الجدولة التفصيلية) تغطى أفقًا زمنيًا قصيرًا قد يمتد إلى (٣) أو (٦) أشهر ، ومخرجاتها الأساسية هى جداول التحميل وترتيب الأعمال وفق أسبقيات معينة .

وإذا كان التخطيط الإجمالى يتسم بدرجة أكبر من التجريد وقدر أكبر من الابتعاد عن خط الإنتاج الأول ؛ فإن الجدولة على النقيض من ذلك تتسم بدرجة أكبر من التفصيل وقدر أكبر من الاقتراب من خط الإنتاج الأول ؛ وهذا ما يجعلها تتسم بقدر كبير من المرونة والاستجابة السريعة للتغيرات التى قد لا تتوفر للتخطيط الإجمالى الذى يغطى أفقًا أطول وتجريدًا أكبر للتغيرات العشوائية والتذبذبات فى الطلب . كما أن الجدولة - كما تؤكد الدراسات الحديثة - تلعب دورًا مهمًا فى عمليات المنافسة ما بين الشركات ، وهذا ناجم عن القدرة على تحقيق التحسينات التفصيلية الصغيرة فى عمليات الجدولة المختلفة (كالتحميل والتعاقب والجدولة التفصيلية والتعجيل والرقابة عليها) بما يساعد على تحقيق هدفين أساسيين فى وظيفة العمليات المعاصرة وهما : تحسين استخدام الموارد المتاحة وخاصة الآلات والعمال ، وتحسين خدمة الزبون من خلال تسليم الطلبيات فى المواعيد المحددة ، وخفض الطلبيات المؤجلة وغير المنجزة إلى الحد الأدنى .

لهذا كله ، فإن الرؤية الكلية للجدولة وعملياتها بقدر ما تكشف عن موقع الجدولة فى عملية التخطيط الإجمالى ؛ فإنها تكشف أيضًا عن الدور المتزايد للجدولة فى إستراتيجية العمليات التى أصبحت أكثر اقترابًا من عمليات الإنتاج اليومية وبالتالى أكثر اقترابًا من الزبون .

١٠- ٢ الجدولة ونمط الرقابة على الإنتاج :

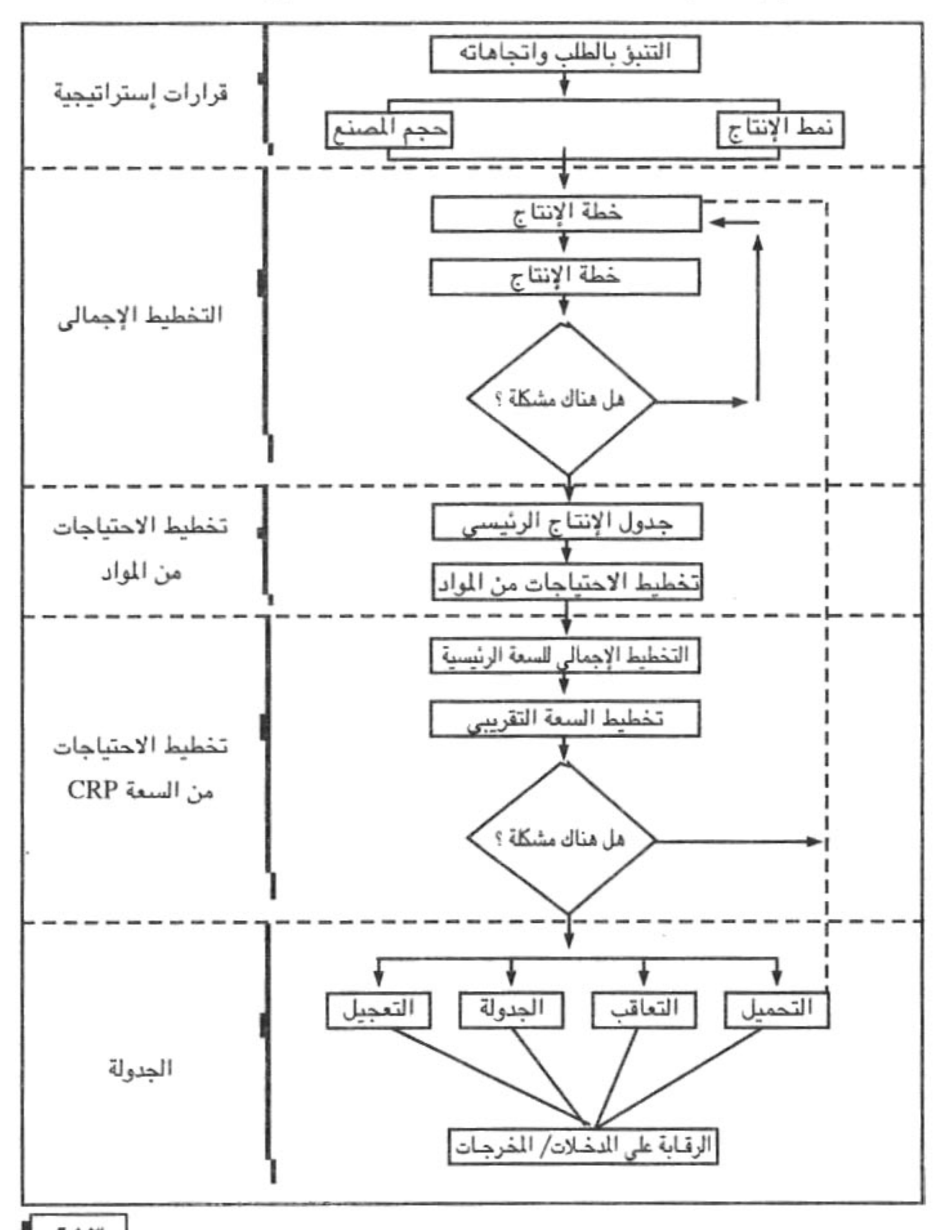
إن نمط الرقابة على التدفق فى الإنتاج المستمر يركز على الاهتمام على معدل تدفق المواد خلال العمليات ، أى ضرورة توفر المواد والعمل لاستمرار التدفق وعدم توقف الخط وتحقيق الحد الأدنى من ظاهرتى الاختناق والوقت العاطل . ولأن التوقيت وتخصص الآلات والعمليات ومواد العمل يكون قياسياً ، والمنتجات قياسية والإنتاج أو الصنع للخزن وليس للطلبية ، وتعاقب العمليات ثابت ؛ لهذا تكون الجدولة مصممة فى التنظيم الداخلى ، ولا تكون هناك حاجة للقيام بالجدولة كما هو الحال فى الإنتاج المتقطع ، ففى نمط الرقابة على الطلبية فى الإنتاج المتقطع يتركز الاهتمام على الطلبيات المتنوعة ، حيث كل طلبية تتطلب معالجة متميزة مع احتياجات خاصة تتمثل فى مواد تختلف من طلبية لأخرى ، تهيئة وإعداد الآلات ، إرشادات للعمال حول الطلبية ، وقت قياسى متباين ، مسار وتعاقب عمليات مختلف ، وإنتاج بكميات متباينة من طلبية لأخرى ؛ لأن الإنتاج أو الصنع يكون من أجل الطلبية ؛ لهذا كله فإن الجدولة تكون صعبة معقدة ، وتتطلب رقابة جيدة وفعالة من أجل إنجاز الطلبيات فى مواعيدها وتحسين استغلال الموارد المتاحة .

لهذا فإن جدولة الإنتاج فى نمط الإنتاج المتقطع تتطلب الدراسة والتحليل من أجل تخصيص الأعمال على مراكز العمل المختلفة وتحقيق التعاقب الأمثل أو الأفضل للأعمال ؛ لتحقيق كفاءة استخدام الموارد فى مراكز العمل وتحسين خدمة الزبون بخفض فترات الانتظار والتأخير عن مواعيد الأداء والتسليم ، ولا شك فى أن هذه المتطلبات تجعل الجدولة مشكلة صعبة ومعقدة .

١٠ -٣- رؤية كلية للجدولة :

لقد أشرنا إلى أن الجدولة هى عملية التخطيط على مستوى تنظيمى أدنى ، وأن العمليات الأساسية التى تكون الجدولة هى : التحميل ، تعاقب الأعمال ، الجدولة التفصيلية ، التعجيل ، والرقابة على المدخلات/المخرجات ، والشكل رقم (١٠-١) يوضح مراحل عملية تخطيط العمليات وعمليات الجدولة .

الشكل رقم (١٠-١) : مراحل عملية تخطيط العمليات وموقع عمليات الجدولة فيها



وفى إطار النظرة الكلية لإستراتيجية العمليات وكما يظهر فى الشكل (١٠-١) فإن إستراتيجية العمليات (القرارات الإستراتيجية) تحدد فى ضوء حجم السوق والتنبؤ بالطلب واتجاهاته ، نمط الإنتاج وحجم المصنع ، أى مقدار السعة الثابتة فى المدى البعيد (حيث نمط الإنتاج ومقدار السعة الثابتة تمثل قرارات إستراتيجية) ؛ ليقوم التخطيط الإجمالى باستغلال السعة الثابتة والسعة القابلة للتعديل من خلال الخطة الإجمالية فى المدى المتوسط للإيفاء بالطلب ؛ ليأتى تخطيط الاحتياجات من المواد ومن السعة ليمثل وسائل وخطوات منطقية ضرورية لترجمة الخطة الإجمالية إلى جدول الإنتاج الرئيسى ، ومن ثم إلى صافى احتياجات من المواد والسعة فى الأوقات المحددة والمخططة ، وعندئذ تكون عمليات الجدولة بمثابة الخطوات الأخيرة فى تخصيص الأعمال (التحميل) وفق ترتيب معين يحدد أسبقيات الإنجاز (تعاقب الأعمال) لتقوم الجدولة التفصيلية بتحديد المواعيد التفصيلية لبدء وانتهاء العمل فى الزمن التقويمى والاستعانة بالتعجيل عند الحالات الطارئة أو عند التأخير . ومن خلال الرقابة على المدخلات / المخرجات يمكن الرقابة على عملية الجدولة فى مراكز العمل المختلفة ومدى الملائمة بين السعة والمخرجات المخططة ، وكذلك مدى انسجام الجدولة مع توجهات الإدارة فى إنجاز الأعمال فى المواعيد أو قبول تراكم الأعمال غير المنجزة وغير ذلك .

إن الشكل رقم (١٠- ١) يوضح أيضًا أن الجدولة بقدر ما تتسم بالمدى القريب والمستوى التنظيمى الأدنى الذى يقربها من القرارات التشغيلية المرتبطة بالتفاصيل والعمليات اليومية عند كل مركز من مراكز العمل المختلفة - فإنها تتطلب نظرة كلية متأتية من جدولة جميع مراكز العمل لمختلف المهام والأعمال والطلبيات الضرورية فى أفق الجدولة . كما أن هذه النظرة الكلية ضرورية لتعدد العمليات الأساسية المكونة للجدولة والمتمثلة فى التحميل وتعاقب الأعمال ، والجدولة التفصيلية والتعجيل والرقابة على المدخلات/المخرجات ، والتى تشكل بمجملها وحدة متكاملة من أجل الرقابة على استغلال الموارد

المتاحة فى المصنع بكفاءة وفاعلية ، وبما يحقق أهداف الشركة فى الإنتاج . ويمكن أن نحدد أهداف الجدولة فى نمط الإنتاج حسب الطلب كالآتى :

أ - إكمال أكبر عدد من الطلبيات فى مواعيدها .

ب - الاستغلال الكفء للآلات والعمال .

ج - أدنى قدر ممكن من المخزون أو العمل تحت التشغيل .

د - أدنى قدر ممكن من الاحتفاظ بمخزون المنتجات النهائية (الإنتاج قبل الأوان) ومن التعجيل (استخدام سعة إضافية أو وقت إضافى) .

١٠-٤ - التحميل :

إن كل طلبية جديدة لمنتوج جديد تتطلب تخصيص الأعمال والمهام المطلوبة لإنجازها على مراكز العمل اللازمة حسب المسار الفنى للمنتوج ، وبهذه الشاكلة يتم تحميل مراكز العمل بالمهام المطلوبة فى الفترة ؛ لذا يمكن تعريف التحميل بأنه عملية تخصيص الأعمال والمهام (الطلبيات) على مراكز العمل على أساس يومى أو أسبوعى أو شهرى ، وبما يحقق الاستغلال الكفء (أقصر وقت أو أدنى كلفة) للموارد المتاحة (الآلات والعمال) . ومن التعريف يمكن أن نلاحظ أن تخصيص الأعمال والمهام قد لا يكون كفئًا ؛ وذلك لوجود عدة آلات أو عمال توفر بدائل متعددة لتخصيص الأعمال والمهام ؛ مما يجعل التحميل مشكلة تستلزم اختيار البديل الأفضل . وهناك نوعان من التحميل هما :

١- **التحميل المحدود أو النهائى** : فى هذا النوع من التحميل ، فإن المصنع أو الورشة تعتمد على سعة محدودة يتم التحميل فى حدودها ؛ لهذا فإن التحميل لا يتجاوز السعة المتاحة ، وفى هذا النوع من التحميل قد يظهر التحميل الناقص لمراكز العمل دون أن يكون مسموحًا التحميل الزائد والشكل (١٠-٢-أ) يمثل هذا النوع من التحميل .

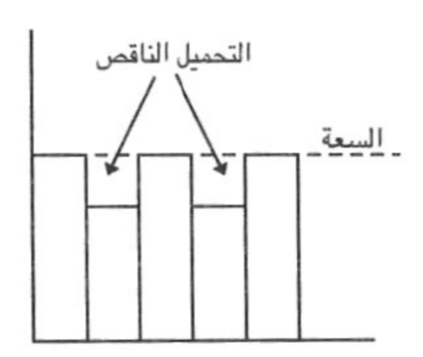
٢- **التحميل اللامحدود أو اللانهائى** : فى هذا النوع من التحميل لا تكون هناك محددات للتحميل ، وبالتالى فإن التحميل يستمر لمراكز العمل حتى وإن لم تكن هناك سعة

متاحة ؛ لهذا يظهر فى هذا النوع التحميل الناقص أو التحميل الزائد على حد سواء . والشكل رقم (١٠-٢-ب) يوضح ذلك .

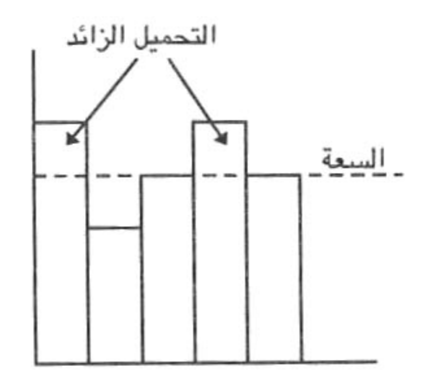
ومن أمثلة التحميل المحدود أن المصنع (وكذلك مراكز العمل) يحدد قبول خمس طلبيات فى انتظار المصنع وكحد أعلى ، ولا يقبل ما يزيد على ذلك خلال كل فترة . أما فى حالة التحميل اللامحدود فلا قيود على أية طلبية تقدم للمصنع مهما كان عدد الطلبيات فى خط انتظار المصنع .

الشكل رقم (١٠-٢) : نوعان للتحميل

أ - التحميل المحدود



ب - التحميل اللامحدود



وهناك طرق عديدة يمكن استخدامها فى عملية التخطيط والرقابة على تنفيذ بعض العمليات مثل مخطط جانت ، وفى عملية التحميل مثل طريقة الأرقام القياسية وطريقة التخصيص .

أولاً : مخطط جانت (Gantt Chart)

تعتبر مخططات جانت من أقدم طرق الجدولة التى تتسم بسعة الانتشار والاستخدام ؛ نظراً لبساطتها وسهولتها فى الإعداد والاستخدام والفهم وتعدد

الأغراض ؛ مما يجعل منها أداة شعبية ، وتعود تسميتها إلى (هنرى جانت H.Gantt) التى ابتكرها فى العشرينيات من القرن الحالى . ومخطط جانت عبارة عن جدول محوره الأفقى يتكون من الفترات الزمنية الموزعة عادة إلى أسابيع ومحوره العمودى يتكون من الفعاليات أو الأنشطة الأساسية وعند التحميل لمراكز متعددة فإن المحور العمودى يتكون من مراكز العمل . ولإعداد مخطط جانت لابد من الخطوات الثلاث الآتية :

أ - تحديد الفعاليات والأنشطة الأساسية المطلوبة لإنجاز الطلبية فى مركز أو مراكز العمل .

ب - تقدير الأوقات اللازمة لإنجاز الفعاليات أو الأنشطة الأساسية .

ج - تحديد علاقات الأسبقية بين الفعاليات أو الأنشطة الأساسية والتى تستنتج من دراسة الفعاليات والأنشطة الأساسية والاعتماد المتبادل فيما بينها .

وهناك ثلاث وظائف يقوم بها مخطط جانت هى :

- وظيفة التخطيط : حيث يتم إعداد المخطط للفعاليات المراد إنجازها خلال الفترة القادمة .
- وظيفة الرقابة : حيث يستخدم المخطط بعد تنفيذ الفعاليات فى المقارنة بين الفترة المخططة والفعلية والكشف عن الانحرافات .
- النشاط التصحيحى : فى حالة وجود انحرافات فى التنفيذ الفعلى عن المخطط يتم التدخل من قبل الإدارة لمعالجة الانحراف ، كما هو الحال فى استخدام موارد إضافية لغرض التعجيل وتجنب التأخير .

كما أن مخططات جانت تقسم إلى ثلاثة أنوا ع :

- مخططات الجدولة أو التقدم (Scheduling or Progress Chart) : تصور الفعاليات المتعاقبة .
- مخططات التحميل (Loading Chart) : تظهر المهام أو الفعاليات المحددة والمخصصة لمجموعة من الآلات أو العمال .
- مخططات التسجيل (Record Charts) : تستخدم لتسجيل أوقات العمل الفعلية وتأخيرات الآلات والعمال .

والمثال (١٠-١) عن مخطط التقدم لتوضيح إعداد المخطط أو استخدامه لأغراض التخطيط والرقابة .

مثال (١٠-١) :

تلقى أحد المصانع طلبية جديدة من إحدى الشركات وبعد الدراسة والتحليل توفرت البيانات الآتية عن الفعاليات الأساسية المطلوبة لتنفيذ الطلبية الجديدة والمدة التى تستغرقها كل منها .

١- التعاقد مع الشركة على الطلبية الجديدة : (٢) أسبوعان .

٢- اختيار العمال والآلات : (١) أسبوع واحد .

٣- إعداد وتهيئة الآلات وتدريب العمال : (٣) أسابيع .

٤- تصميم الأجزاء المطلوبة : (٥) أسابيع .

٥- شراء المواد واستلامها وفحصها : (٤) أسابيع .

٦- إنتاج الأجزاء المطلوبة : (١٠) أسابيع .

٧- التجميع : (٢) أسبوعان .

٨- التسليم : (١) أسبوع واحد .

المطلوب ١- إعداد مخطط لتخطيط الفعاليات الأساسية للطلبية الجديدة .

٢- إعداد مخطط جانت للفعاليات الأساسية المخططة والفعلية إذا كان المصنع قد ابتدأ العمل بالطلبية فى (١٧) حزيران ، وفى (٢٦) من تشرين الثانى كان تقدم الفعاليات الأساسية فى التنفيذ كالآتى :

التعاقد مع الشركة (٣) أسابيع ، اختيار العمال والآلات أسبوع واحد ، إعداد وتهيئة الآلات وتدريب العمال (٤) أسابيع ، تصميم الأجزاء (٥) أسابيع ، شراء المواد واستلامها وفحصها (٥) أسابيع ، إنتاج الأجزاء (١٣) أسبوعاً .

٣- ما هى الإجراءات المقترحة لإنجاز العمل فى الموعد المخطط .

الحــل :

- إعداد مخطط جانت :

الفعاليات	الأسابيع										
	٢	٤	٦	٨	١٠	١٢	١٤	١٦	١٨	٢٠	٢٢
التعاقد مع الشركة											
اختيار العمل والآلات											
إعداد الآلات وتدريب العمال											
تصميم الأجزاء المطلوبة											
شراء المواد											
إنتاج الأجزاء المطلوبة											
التجميع											
التسليم											

- يلاحظ من المخطط أعلاه أن المصنع لا يمكن أن يبدأ باختبار العمال والآلات إلا بعد التعاقد مع الشركة صاحبة الطلبية ، وأن إعداد الآلات وتدريب العمال لا يمكن البدء به إلا بعد الانتهاء من اختبار العمال والآلات نهاية الأسبوع الخامس ، أما تصميم الأجزاء فإنه مرتبط بالتعاقد مع الشركة ؛ لهذا فإنه يبدأ بعد نهاية الأسبوع الثانى وحتى نهاية الأسبوع السابع ، كما أن شراء المواد مرتبط بإنهاء التعاقد مع الشركة . أما إنتاج الأجزاء فإنه مرتبط بإعداد الآلات وتدريب العمال وبتصميم الأجزاء وشراء المواد ، ولا يمكن البدء إلا بعد الانتهاء من الفعالية ذى أطول فترة زمنية وهى تصميم الأجزاء بفترة (٥) أسابيع .

الفعاليات	٢	٤	٦	٨	١٠	١٢	١٤	١٦	١٨	٢٠	٢٢
التعاقد مع الشركة											
اختبار العمال والآلات											
إعداد الآلات وتدريب العمال											
تصميم الأجزاء											
شراء المواد											
إنتاج الأجزاء											
التجميع											
التسليم											

إن مخطط جانت يدعى أيضًا المخطط الشريطى (Bar Cart) ، وهذه التسمية متأتية من تمثيل الفعاليات المخططة والفعلية على شكل أشرطة كما مبين فى المخطط أعلاه ، ويلاحظ من المخطط أن تأخر الفعالية (١) بأسبوع واحد أدى إلى تأخير الفعاليات (٢) ، (٤) و(٥) ؛ ولذلك نعتبرها فعالية حرجة إلى أن تصبح الفعاليتان (٣) و(٤) حرجتين ، ونلاحظ أيضًا تأخر الفعالية (٣) أسبوعين ، والفعالية (٤) أسبوعًا واحدًا عما هو مخطط ؛ ما أدى إلى تأخر بدء الفعالية (٦) وهى إنتاج الأجزاء بأسبوع ثانٍ ؛ لهذا من المتوقع فى (٢٦) تشرين الثانى أن يتأخر المشروع أسبوعين عما هو مخطط .

- الإجراءات المقترحة لإنجاز العمل فى الموعد المخطط تتمثل فى استخدام موارد إضافية (عمال إضافيين) ووقت إضافى وآلات إضافية فى الفعاليتين (٧) و(١٠) ؛ لكى يكون بالإمكان إنجازها فى فترة أسبوعين بدلاً من (٤) أسابيع كما هو

مخطط ، أى أن المصنع يستخدم التعجيل كوسيلة لتجنب التأخير فى تسليم الطلبية .

ثانيا : طريقة الأرقام القياسية :

إن طريقة الأرقام القياسية تقدم أسلوبًا منهجيًا جيدًا لتخصيص الأعمال ، تستخدم فى حالة وجود عدة أعمال (أو طلبيات) يمكن إنجازها من قبل عدة مراكز عمل ؛ وأن الإدارة تسعى إلى إنجاز أكبر عدد من هذه الطلبيات بأقصر وقت أو أدنى كلفة إنتاج . والحالة المثالية فى عملية التحميل تكون عند تخصيص العمل أو الطلبية لمركز العمل الذى يأخذ أقصر وقت معالجة (أو أقل كلفة) ولكن هذه الحالة غير ممكنة دائمًا بسبب محددات السعة ؛ لهذا تلجأ إلى الأسلوب التجريبى بما يسمح بالتوصل إلى الحل السريع لمشكلة التحميل ، وهذا ما تقدمه طريقة الأرقام القياسية بوصفها أسلوبًا تجريبيًا كفئًا .

إن الرقم القياسى فى هذه الطريقة يمثل التخصيص الأمثل لكل عمل أو طلبية إلى مركز العمل وفى حالة عدم اختبار هذا التخصيص ؛ فإن أى تخصيص آخر سيؤدى إلى تحمل كلفة الفرصة البديلة التى هى عبارة عن الفرق بين التخصيص المختار التخصيص الأمثل ؛ لهذا فإن اختبار الرقم القياسى يكون هدفًا مرغوبًا ، وعدم اختياره يمثل كلفة إضافية يتم تحملها بسبب محددات السعة كما سنلاحظ ذلك فى المثال (١٠ -٢) .

مثال (١٠ -٢) :

فى الجدول الآتى الساعات المطلوبة لإنجاز ستة أعمال يمكن أن تتم على أى من أربعة مراكز عمل والسعة المتاحة (بالساعات) .

المطلوب : تخصيص الأعمال الستة على مراكز العمل الأربعة بأقصر وقت معالجة باستخدام طريقة الأرقام القياسية علمًا بأن تجزئة العمل الواحد بين مراكز العمل غير مسموحة .

الأعمال	مركز العمل (١) وقت المعالجة (ساعة)	مركز العمل (٢) وقت المعالجة (ساعة)	مركز العمل (٣) وقت المعالجة (ساعة)	مركز العمل (٤) وقت المعالجة (ساعة)
أ	٧٥	٦٥	٨٠	٩٠
ب	٥٦	٧٠	٤٢	٦٤
ج	١٠٠	٩٠	٧٥	٨٠
د	٤٨	٦٠	٧٢	٥٤
هـ	٣٠	٤٦	٢٤	—
و	٥٠	—	٥٥	٦٠
السعة المتاحة	٤٠	٧٥	٦٠	١٥٠

الحــل :

١- احتساب الأرقام القياسية وفق هذه الطريقة ، وذلك بتحديد وقت المعالجة الأقصر لكل عمل من الأعمال ، ومن ثمة قيمة أوقات المعالجة الخاصة بذلك العمل فى المراكز الأربعة . ويلاحظ من الجدول أن أقصر وقت معالجة للعمل (د) هو (٤٨) ساعة ، وبقسمة أوقات المعالجة المناظرة لذلك العمل عليه نحصل على الأوقات القياسية فى المراكز الأربعة (١ ، ١,٢٥ ، ١,٥ ، ١,١٣) وكذلك بالنسبة للأعمال الأخرى .

٢- يتم تحديد الرقم القياسى الأقل فى مراكز العمل الأربعة ؛ ليتم تخصيص العمل المناظر له ، وهكذا حتى يتم تخصيص جميع الأعمال .

الأعمال	مركز العمل (١)		مركز العمل (٢)		مركز العمل (٣)		مركز العمل (٤)	
	وقت المعالجة (ساعة)	الرقم القياسى	وقت المعالجة (ساعة)	الرقم القياسى	وقت المعالجة (ساعة)	الرقم القياسى	وقت المعالجة (ساعة)	الرقم القياسى
أ	٧٥	١,١٥	(٦٥)	١,٠٠	٨٠	١,٢٣	٩٠	١,٣٨
ب	٥٦	١,٣٣	٧٠	١,٦٧	(٤٢)	١,٠٠	٦٤	١,٥٢
ج	١٠٠	١,٣٣	٩٠	١,٢٠	٧٥	١,٠٠	(٨٠)	١,٠٧
د	(٤٨)	١,٠٠	٦٠	١,٢٥	٧٢	١,٥٠	٥٤	١,١٣
هـ	٣٠	١,٢٥	٤٦	١,٩٢	(٢٤)	١,٠٠	-	-
و	٥٠	١,٠٠	-	-	٥٥	١,١٠	(٦٠)	١,٢٠
السعة المخصصة	٤٨		٦٥		٦٦		١٤٠	
السعة المتاحة	٤٠		٧٥		٦٠		١٥٠	
الفرق	- ٨		١٠		- ٦		١٠	

يلاحظ من الجدول أعلاه أن الأعمال (أ) ، (ب) ، (د) ، (هـ) تم تخصيصها لمراكز العمل (٢) ، (٣) ، (١) حيث كانت ذات أرقام قياسية دنيا هى (١,٠٠) ، الآن العمل (ج) لم يخصص لمركز العمل (٣) رغم أنه ذو رقم قياسى أدنى (١,٠٠) ؛ وذلك لنقص السعة المتاحة فى المركز المذكور ؛ لهذا تم تخصيص العمل (ج) لمركز العمل (٤) ذى الوقت القياسى الأدنى اللاحق (١,٠٧) لتوفر السعة فيه . وكذلك الحال بالنسبة للعمل (و) لم يخصص لمركز العمل (١) ذى الرقم القياسى الأدنى (١,٠٠) ولا مركز العمل (٣) ذى الرقم القياسى الأدنى اللاحق (١,١٠) لعدم توفر السعة ، وتم تخصيصه لمركز العمل (٤) ذى الرقم القياسى (١,٢٠) لتوفر السعة .

كما يلاحظ من الجدول وجود سعة فائضة (السعة المتاحة أكبر من السعة المخصصة) يمكن استخدامها فى أعمال إضافية فى مركز العمل (٢) و(٤) ، وهناك نقص فى السعة (السعة المتاحة أكبر من السعة المخصصة) ، وهذا يعنى إما استخدام سعة إضافية أو تأخير موعد التسليم .

ثالثا : طريقة التخصيص :

إن طريقة التخصيص (Assignment Method) هى حالة خاصة من مسائل البرمجة الخطية ، حيث يمكن تعريفها بأنها نموذج للبرمجة الخطية ذو أغراض خاصة يستخدم فى المسائل التى تستدعى توزيع المهام أو الأعمال المطلوبة على الموارد المتاحة (كالآلات والعمال ومراكز العمل ... إلخ) : للتوصل إلى الملاءمة المثلى بين المهام والموارد ، وطريقة التخصيص الأمثل وتستلزم المشكلات فى طريقة التخصيص صنع القرار فى ظروف التأكد ، كما أن كلفة إنجاز كل عمل من الأعمال على كل آلة من آلات تكون معلومة ؛ لذا فإن هذه المسألة يمكن عرضها في مصفوفة كلفة (ن×ن) ؛ حيث إن (ن) هى عدد الأعمال والجدول رقم (١٠-٣) يمثل مصفوفة الكلف (٤×٤) .

الجدول رقم (١٠-٣) : مصفوفة الكلف فى مشكلة التخصيص
الأرقام بالدينار

الآلات / الأعمال	الآلات			
	ل١	ل٢	ل٣	ل٤
أ	٨	٧	٦	٩
ب	٧	٨	٢	١١
ج	٣	٦	٧	٨
د	٥	٩	١٢	١٤

ومن الجدول السابق نلاحظ أن مسألة التخصيص لها أربعة صفوف وأربعة أعمدة ؛ لهذا فإن عدد التخصيصات الممكنة لكل زوج من عمل - آلة ، وهو مضروب (!٤) ، وهذا يساوى (١×٢×٣×٤ = ٢٤) ؛ مما يعنى فى مشكلة صغيرة كهذه أنه بالإمكان تحديد (٢٤) تخصيصًا ممكنًا بطريقة تجريبية ، ومن ثم اختبار التخصيص الأمثل (أحيانًا يكون أكثر من تخصيص أمثل واحد) الذى يحقق أدنى كلفة (فى مسألة الحد الأدنى) أو أعلى ربح (فى مسألة الحد الأعلى) ، ولكن الطريقة التجريبية تصبح مرهقة إذا ما زاد عدد التخصيصات الممكنة سيكون (!١٠) أى (٤٠٣٢٠) تخصيصًا ؛ مما يصبح من غير العملى استخدام مثل هذه الطريقة لتحديد التخصيص الأمثل الذى يمكن التوصل إليه بجهد أقل ووقت أقصر باستخدام طريقة التخصيص .

تستخدم طريقة التخصيص فى مسألة الحد الأدنى التى تستهدف تحقيق الربح الأعلى أو المزايا الأكبر . ومن أجل استخدام طريقة التخصيص فى هذه المسائل ؛ فلابد من أن تتوفر بعض الشروط ، هى :

١- أن عدد الصفوف (الأعمال مثلاً) يجب أن يتساوى مع عدد الأعمدة (الآلات) .

٢- أن كل عمل من الأعمال يجب أن يخصص لآلة واحدة فقط (عدم جواز تخصيص أكثر من عمل واحد أو لآلة واحدة على آلتين) .

٣- أن كل آلة من الآلات تستطيع القيام بأى عمل من الأعمال .

٤- وأخيرًا ، أن كلفة القيام بكل عمل من الأعمال على أية آلة من الآلات تكون معروفة وثابتة ، غير أن الشرطين (١) ، (٤) يمكن التخلص منهما بتعديلات بسيطة نوردها فيما بعد . ونعرض فيما يأتى لطريقة التخصيص فى عدد من المسائل .

أ- مسألة الحد الأدنى :

إن عددًا كبيرًا من المشكلات تدخل ضمن مسائل الحد الأدنى التى يمكن حلها بطريقة التخصيص مثل تخصيص الأعمال للآلات أو العمال أو مراكز العمل ، تخصيص خطط الإنتاج على المصانع المتعددة ، تخصيص المواد المخزونة على المستودعات ، شحن المواد من المستودعات المتعددة إلى الأماكن المتخصصة المتعددة

أيضًا وغير ذلك ، ولتوضيح كيفية استخدام طريقة التخصيص ؛ لنأخذ مصفوفة الكلفة فى الجدول السابق رقم (١٠-٣) ، ويمكن حل مثل هذه المشكلات بطريقة التخصيص باتباع الخطوات الأساسية الآتية :

الخطوة الأولى : تحديد أقل رقم من كل صف من صفوف مصفوفة الكلفة ، ومن ثم طرحه من كل رقم موجود فى الصف ، والجدول رقم (١٠-٤) يوضح هذه الخطوة .

الجدول رقم (١٠-٤) : احتساب الخطوة الأولى

الآلات / الأعمال	الآلات				أقل رقم في الصف
	ل١	ل٢	ل٣	ل٤	
أ	٢	١	صفر	٣	٦
ب	٥	٦	صفر	٩	٢
ج	صفر	٣	٤	٥	٣
د	صفر	٤	٧	٩	٥

الخطوة الثانية : نكرر الخطوة الأولى بالنسبة للأعمدة ، أى تحديد أقل رقم فى كل عمود من أعمدة المصفوفة الجديدة ، ومن ثم طرحه من كل رقم موجود فى العمود ، والجدول رقم (١٠-٥) يوضح هذه الخطوة .

الجدول رقم (١٠-٥) : احتساب الخطوة الأولى

الآلات / الأعمال	الآلات			
	ل١	ل٢	ل٣	ل٤
أ	٢	١	صفر	٣
ب	٥	٦	صفر	٩
ج	صفر	٣	٤	٥
د	صفر	٤	٧	٩
أقل رقم فى العمود	صفر	١	صفر	٣

الخطوة الثالثة : اختبار الأمثلية ، وذلك بتغطية جميع الأصفار باستخدام العدد الأدنى من خطوط التغطية الأفقية أو الرأسية فى الجدول الأخير ، فإذا كان عدد خطوط التغطية مساويًا لعدد الصفوف ؛ فإن التخصيص الأمثل قد تحقق وفى هذه الحالة يتم إكمال الحل بالخطوة السادسة ، أما فى حالة عدم تساوى خطوط التغطية مع عددالصفوف يتم إكمال الحل بالخطوة الرابعة ، ويوضح الجدول رقم (١٠-٦-أ) هذه الخطوة حيث يظهر جليًا أن العدد الأدنى من خطوط التغطية كان ثلاثة خطوط فقط ، أى من عدد الصفوف فى المصفوفة (عدد الصفوف ٤) .

أ - تحديد أقل رقم غير مغطى (وهو رقم ٢) ، ومن ثم طرحه من كل رقم غير مغطى فى الجدول (١٠-٦-أ) .

ب - إضافة أقل رقم غير مغطى (وهو رقم ٢) إلى الأرقام التى عندها تتقاطع خطوط التغطية كما فى الجدول (١٠-٦-ب) .

الجدول رقم (١٠ - ٦ - أ) : الخطوة الثالثة : خطوط التغطية

الآلات / الأعمال	الآلات			
	ل١	ل٢	ل٣	ل٤
أ	٢	صفر	صفر	صفر
ب	٥	٥	صفر	٦
ج	صفر	٢	٤	٢
د	صفر	٣	٧	٢

الجدول رقم (١٠ -٦-ب) : الخطوة الرابعة

الآلات / الأعمال	الآلات			
	ل١	ل٢	ل٣	ل٤
أ	٤	صفر	٢	صفر
ب	٥	٣	صفر	٤
ج	صفر	صفر	٤	صفر
د	صفر	١	٧	صفر

الخطوة الخامسة : القيام بتكرار الخطوة الثالثة وربما أيضًا الرابعة (حسب ناتج الخطوة الثالثة) حتى يتم تحقيق الحل الأمثل ، أى تساوى خطوة التغطية المطلوبة مع عدد الصفوف . وعند تغطية الأسعار فى الجدول الأخير نجد أن العدد الأدنى المطلوب من خطوط التغطية هو أربعة خطوط كما فى الجدول (١٠-٧-أ) وهو ما يساوى عدد الصفوف ؛ مما يعنى تحقيق الحل الأمثل .

الجدول رقم (١٠-٧-أ) : الخطوة الخامسة

الآلات / الأعمال	ل١	ل٢	ل٣	ل٤
أ	٤	صفر	٢	صفر
ب	٥	٣	صفر	٤
ج	صفر	صفر	٤	صفر
د	صفر	١	٧	صفر

الجدول رقم (١٠-٧-ب) : الخطوة السادسة

الآلات / الأعمال	ل١	ل٢	ل٣	ل٤
أ	٤	صفر	٢	صفر
ب	٥	٣	صفر	٤
ج	صفر	صفر	٤	صفر
د	صفر	٣	٧	٤

الخطوة السادسة : تحديد التخصيص الأمثل ، وذلك بأن نبدأ بالصف أو العمود الذى فيه صفر واحد (لأن الصف أو العمود الذى فيه صفر واحد يعنى عدم وجود مرونة فى التخصيص ولابد من اختياره أولاً بعكس الصف أو العمود الذى فيه أكثر من صفر) .

لقد أشرنا إلى أن أحد شروط طريقة التخصيص هو تساوى عدد الصفوف مع عدد الأعمدة ، ولكن بالإمكان استخدام الطريقة عند عدم تساوى الصفوف مع الأعمدة ، وذلك باستخدام الصف الوهمى فى حالة كون عدد الأعمدة أكبر بواحد من عدد الصفوف ، أو استخدام العمود الوهمى مع قيم (أ) وكلف صفرية ليتم بعد ذلك الحل بنفس الخطوات التى سبق عرضها والمثال (١٠-٣) يوضح هذه الحالة .

مثال (١٠-٣) :

الجدول الآتى يتضمن كلفة إنجاز أربعة أوامر عمل من قبل ثلاثة عمال .

المطلوب : تحديد التخصيص الأمثل لإنجاز الأعمال بالكلفة الأدنى (الأرقام بالدينار) .

العمال / أوامر العمل	سمير	أحمد	فؤاد
١٦ س	٨	٧	١١
١٧ س	٩	١٢	١٦
١٨ س	١٠	١٣	١٤
١٩ س	١١	٨	١٠

الحـــل :

لأن عدد العمال (الأعمدة) أقل من عدد الأعمال (الصفوف) ؛ لذا نضيف العمود الوهمى . وبسبب وجود العمود الوهمى بقيم صفرية لا حاجة للقيام بالخطوات الأولى بالنسبة للصفوف ؛ لذا نقوم بالخطوة الثانية بالنسبة للأعمدة ؛ وذلك بتحديد أقل رقم فى عمود وطرحه من كل رقم فى العمود .

الجدول الأول

العمال / أوامر العمل	سمير	أحمد	فؤاد	وهمى
١٦ س	٨	٧	١١	صفر
١٧ س	٩	١٢	١٦	صفر
١٨ س	١٠	١٣	١٤	صفر
١٩ س	١١	٨	١٠	صفر

الجدول الثانى

العمال / أوامر العمل	سمير	أحمد	فؤاد	وهمى
١٦ س	صفر	صفر	١	صفر
١٧ س	١	٥	٦	صفر
١٨ س	٢	٦	٤	صفر
١٩ س	٣	١	صفر	صفر

استخدام الخطوط لتغطية الأصفار ، ومن ثم اختبار الأمثلية ، وحيث إن العدد الأدنى المطلوب لتغطية جميع الأصفار أقل من عدد الصفوف ؛ لذا نواصل خطوات الحل بتحديد أقل رقم غير مغطى وهو رقم (١) ، ومن ثم طرحه من كل رقم غير مغطى ،

وكذلك إضافته إلى أرقام تقاطع خطوط التغطية كما فى الجدول الثالث ، نكرر الخطوات السابقة باستخدام خطوط التغطية على نفس الجدول ، وحيث إن عدد الخطوط فى هذا الجدول مساوٍ لعدد الصفوف فإن الحل الأمثل تحقق ؛ لذا نقوم بالتخصيص الأمثل واحتسابه .

الجدول الثالث

العمال / أوامر العمل	سمير	أحمد	فؤاد	وهمى
١٦ س	صفر	صفر	١	١
١٧ س	صفر	٤	٥	صفر
١٨ س	١	٥	٣	صفر
١٩ س	٣	١	صفر	١

الجدول الرابع

العمال / أوامر العمل	سمير	أحمد	فؤاد	وهمى
١٦ س	صفر	(صفر)	١	١
١٧ س	(صفر)	٤	٥	صفر
١٨ س	١	٥	٣	(صفر)
١٩ س	٣	١	(صفر)	١

إذن التخصيص الأمثل وكلفته :

١٦ س – أحمد = ٧

١٧ س – سمير = ٩

١٩ س – فـؤاد = ١٤

١٨ س – وهمى = صفر (العمل ١٨ س لن ينجز لعدم وجود عامل)

المجمـوع ٣٠ ديناراً .

ب – مشكلة الحد الأعلى :

إن الخطوات المطبقة فى مشكلة الحد الأدنى يمكن أن تطبق على مشكلة الحد الأعلى مع اختلاف بسيط ، ويكون الهدف هو تحقيق الربح الأعلى ، أى أن فاعلية العمل أو التخصيص الأمثل يتحدد بالربح الأعلى بدلاً من الكلفة الأدنى ، إن اختلاف مهارة وخبرة العمال مثلاً يؤدى إلى اختلاف الربح من إنجاز أى عمل من الأعمال ؛ لهذا فإن مشكلات الحد الأعلى تصاغ فى مصفوفة الربح بدلاً من مصفوفة الكلفة ،

وأن مصفوفة الربح تحول إلى مصفوفة الفرصة البديلة الضائعة التى تتحدد بالفرق بين الربح المتحقق فعلياً من تخصيص عمل معين والربح الأعلى الذى يمكن أن يتحقق إذا ما تم التوصل إلى التخصيص الأمثل .

إن الاختلاف الأساسى فى خطوات الحل فى مشكلة الحد الأعلى عن مشكلة الحد الأدنى ، هو أن الخطوة الأولى تكون بتحديد أكبر رقم فى كل صف ، ومن ثم طرح كل رقم فى الصف منه ، وكذلك الحال بالنسبة للأعمدة ، أما بقية الخطوات فلا تغيير فيها ، والمثال رقم (١٠ - ٤) يوضح ذلك .

مثال (١٠ - ٤) :

فى ورشة الرشيد للأعمال الحديدية وردت أربعة أعمال يمكن تخصيصها لأربعة عمال فى الورشة ، وبعد تقييم الأعمال تم تطوير الجدول الآتى للربح الممكن تحقيقه من قبل كل عامل من كل عمل من الأعمال .

المطلوب :

تحديد خطة العمل التى تحقق أكبر ربح ممكن لإنجاز الأعمال من قبل عمال الورشة .

العمال / الأعمال	الأول	الثانى	الثالث	الرابع
أ	٩٠	٨٠	١٠٠	٩٠
ب	٦٠	٥٠	٩٠	١١٠
ج	٩٠	١٢٠	١٥٠	١١٠
د	٧٥	٨٥	٧٠	٧٥

الحـل :

القيام بتطوير مصفوفة الفرصة البديلة الضائعة : وذلك بتحديد أكبر رقم فى كل صف وطرح كل رقم فى الصف منه كما فى الجدول الأول . وتكرار الخطوة بالنسبة للأعمدة لتخفيض الفرصة البديلة الضائعة وذلك بطرح الرقم الأقل فى كل عمود من كل رقم فيه كما فى الجدول الثانى .

العمال / الأعمال	الأول	الثانى	الثالث	الرابع
أ	١٠	٤٠	صفر	١٠
ب	٥٠	٦٠	٢٠	صفر
ج	٦٠	٢٠	صفر	٤٠
د	١٠	صفر	١٥	١٠

العمال / الأعمال	الأول	الثانى	الثالث	الرابع
أ	صفر	٤٠	صفر	١٠
ب	٤٠	٦٠	٢٠	صفر
ج	٥٠	٢٠	صفر	٤٠
د	صفر	صفر	١٥	١٠

استخدام الخطوط لتغطية الأصفار فى الجدول الثانى ؛ لأن العدد الأدنى المطلوب هو (٤) خطوط ؛ فإن الحل الأمثل قد تحقق فنقوم بتحديد التخصيص الأمثل كالآتى :

العمال / الأعمال	الأول	الثانى	الثالث	الرابع
أ	صفر	٤٠	صفر	١٠
ب	٤٠	٦٠	٢٠	صفر
ج	٥٠	٢٠	صفر	٤٠
د	صفر	صفر	١٥	١٠

التخصيص		الربح
أ - العامل الأول	=	٩٠
ب - الرابع	=	١١٠
ج - الثالث	=	١٥٠
د - الثانى	=	٨٥
المجموع	=	٤٣٥ ديناراً

جـ - مشكلة التخصيصات غير الممكنة :

إن أحد شروط طريقة التخصيص هو أن كل عمل من الأعمال يمكن أن ينجز على كل آلة من الآلات ، أو من قبل كل عامل من العمال ، ولكن فى حالات كثيرة تكون

لأسباب فنية وإنتاجية أو بشرية (كنقص المهارات أو الخبرة الفنية) مشكلة التخصيصات غير الممكنة . وفى مثل هذه المشكلات يمكن استخدام طريقة التخصيص مع اعتبار أن كلفة أداء العمل على آلة غير ممكن استعمالها هى تكلفة لا نهائية ، وبالتالى فإن هذا التخصيص لا يمكن أن يدخل فى الحل فى مسائل الحد الأدنى ، ويوضح المثال (١٠-٥) مثل هذه الحالات حيث يمكن تحويل كلفة التخصيصات غير الممكنة أو غير المسموح بها إلى مالا نهاية ؛ مما يمنع دخولها فى الحل مع اتباع نفس خطوات الطريقة .

المثال (١٠-٥) :

الجدول الآتى يتضمن كلف إطلاق أربعة أعمال على أربع آلات ، ولأسباب إنتاجية فإن الإدارة ترى من غير الممكن تخصيص العمل (أ) للآلة (ل٢) والعمل (ب) للآلة (ل٣) .

المطلوب :

تحديد التخصيص الأمثل للأعمال على الآلات بالكلفة الأدنى (ملاحظة : سبق حل هذه المشكلة بدون تخصيصات غير ممكنة) .

الآلات / الأعمال	ل١	ل٢	ل٣	ل٤
أ	٨	٧	٦	٩
ب	٧	٨	٢	١١
ج	٣	٦	٧	٨
د	٥	٩	٩	١٤

الحل :

نعتبر كلفة التخصيصات غير الممكنة هى (∞) كما فى الجدول الأول ، ومن ثم اتباع خطوات الطريقة التى سبق عرضها .

الجدول الأول

الأعمال / الآلات	ل١	ل٢	ل٣	ل٤
أ	٨		٦	٩
ب	٧	٨		١١
ج	٣	٦	٧	٨
د	٥	٩	١٢	١٤

الجدول الثانى : طرح أقل رقم فى كل صف

الأعمال / الآلات	ل١	ل٢	ل٣	ل٤
أ	٢		صفر	٣
ب	صفر	١		٤
ج	صفر	٣	٤	٥
د	صفر	٤	٧	٩

الجدول الثالث : طرح أقل رقم فى العمود وخطوط التغطية

الأعمال / الآلات	ل١	ل٢	ل٣	ل٤
أ	٢		صفر	صفر
ب	صفر	صفر		١
ج	صفر	٢	٤	٢
د	صفر	٣	٧	٦

الجدول الرابع : تحقيق الحل الأمثل

الأعمال / الآلات	ل١	ل٢	ل٣	ل٤
أ	٤		(صفر)	صفر
ب	٢	(صفر)		١
ج	صفر	صفر	٢	(صفر)
د	(صفر)	٧	٢	٦

يلاحظ من الجدول الرابع أن التخصيصات غير الممكنة ظلت قيمًا غير صفرية ؛ لهذا فإنها لم تدخل فى الحل . والتخصيص الأمثل كلفته كالآتى :

التخصيص	الكلفة
أ – ل٣	٦
ب – ل٢	٨
ج – ل٤	٨
د – ل١	٥
المجموع	٢٧

عند مقارنة الكلفة الكلية للتخصيص الأمثل فى هذه المشكلة مع الكلفة المناظرة فى المثال نفسه بدون تخصيصات غير ممكنة نجد أن الكلفة الكلية قد زادت من (٢٢) دينارًا إلى (٢٧) دينارًا بسبب عدم استعمال التخصيصات غير الممكنة .

١٠ - ٥ - التعاقب :

يعتبر التعاقب من العمليات الأساسية فى الجدولة ، وهو ما يتعلق بترتيب الأعمال والطلبيات الواردة حسب قواعد معينة يتم تحديدها من قبل إدارة المصنع أو القائم بالجدولة بالاعتماد على الخبرة الذاتية أو على أساس أحد معايير الفاعلية الكثيرة التى يمكن استخدامها فى هذا المجال . وفى تحديد تعاقب الأعمال أو الطلبيات تستخدم عادة قواعد عديدة تدعى قواعد الأسبقية . فما هى قواعد الأسبقية ؟ وكيف يمكن استخدامها ومن ثم تقييمها ؟ وهذه الأسئلة تتم الإجابة عنها فى الفقرات الآتية :

أولا : قواعد الأسبقية :

إن قواعد الأسبقية هو عبارة عن تفضيلات أو توجيهات مرشدة تساعد فى تحديد تعاقب الأعمال الأفضل وفق معيار معين ، ولتوضيح قواعد الأسبقية ، نشير إلى أن ورود طلبيات إلى المصنع فى فترة زمنية قصيرة تجعل إدارة المصنع ترتب الطلبيات عادة حسب وقت ورودها ، متبعة فى ذلك قاعدة "يأتى أولاً يخدم أولاً" ، وقد تولى الإدارة أهمية كبيرة لحجم الطلبية ؛ فالطلبية الكبيرة التى تتطلب وقت معالجة أطول تنفذ أولاً ، ثم الطلبية ذات وقت المعالجة الأطول اللاحق وهكذا ، وفى هذه الحالة فإنها تتبع قاعدة أخرى هى قاعدة وقت المعالجة الأطول اللاحق ، وهكذا وفى هذه الحالة فإنها تتبع قاعدة أخرى هى قاعدة وقت المعالجة الأطول ، ويمكن أن نشير إلى عدد من قواعد الأسبقية الأكثر استخداماً وهى :

أ : قاعدة "يأتى أولاً يخدم أولاً" (First Come First Served : FCFS) .

ب : قاعدة وقت المعالجة الأقصر (Shortest Processing Time : SPT) .

ج : قاعدة وقت المعالجة الأطول (Longest Processing Time : LPT) .

د : قاعدة موعد الأداء (Due Date : DD) .

هـ: قاعدة النسبة الحرجة (Critecal Ratio CR) .

و : قاعدة الزبون المفضل (Preferred Customer : PC) تدعى أيضًا قاعدة الطوارئ (Emergency Rule) .

ز : قاعدة الخامل الأقل (Least Slack : LS) .

ح : قاعدة الترتيب العشوائى (Random Order : RO) هى حالة عدم استخدام أية قاعدة من القواعد كأساس فى تحديد تعاقب الأعمال ، وإنما يتم استخدام جميع هذه القواعد بطريقة عشوائية .

إن استخدام هذه القواعد يمكن أن يوفر للإدارة أساسًا مفيدًا لترتيب وتعاقب الأعمال ، إلا أن هذا وحده لا يكفى لتحديد التعاقب الأفضل ؛ لهذا لابد من تحديد المعيار الذى تسعى الإدارة لتحقيقه ؛ ليكون بالإمكان تحديد القاعدة الأفضل على تحقيق هذا المعيار ، وهناك معايير كثيرة تستخدم لتقييم قواعد الأسبقية والتى يمكن تصنيفها إلى مجموعتين من المعايير :

- المعايير التى تستهدف تحسين خدمة الزبون ، وتضم المعايير الآتية :
  ١- متوسط وقت المعالجة (Average Processing Time) .
  ٢- متوسط وقت انتظار الأعمال (Average Waiting Time of Jobs) .
  ٣- متوسط وقت التأخير (Average Lateness Time) .
- المعايير التى تستهدف تحسين استغلال الموارد ، وتضم المعايير الآتية :
  ١- العدد المتوسط للأعمال فى مركز العمل (Average Number of Jobs in Work C.) .
  ٢- متوسط كلفة الإعداد (Average Setup Cost) .
  ٣- كلفة المخزون فى التشغيل (In - Process Inventory Cost) .

ولابد من الإشارة إلى أن المعايير الفاعلية الثلاثة الآتية هى الأكثر استخدامًا فى تقييم قواعد الأسبقية ، وهى التى سوف نستخدمها فى المثال (١٠ – ٦) : متوسط وقت المعالجة ، متوسط وقت التأخير ، والعدد المتوسط للأعمال فى مركز العمل .

المثال (١٠ – ٦) :

فى الجدول أدناه خمسة أعمال مع أوقات المعالجة ومواعيد الأداء أو التسليم بالأيام .

الأعمال	وقت المعالجة (يوم)	موعد الأداء (يوم)
أ	٦	١٢
ب	١٥	١٨
جـ	١٢	١٩
د	١٠	١٤
هـ	٧	١٦

المطلوب :

١- تحديد ترتيب الأعمال حسب القواعد الآتية :

أولاً – قاعدة "يأتى أولا يخدم أولاً" .

ثانيـاً – وقت المعالجة الأقصر .

ثالثـاً – وقت المعالجة الأطول .

رابعـاً – موعد الأداء .

خامساً – النسبة الحرجة .

سادساً – إن العمل (هـ) يخضع لقاعدة الزبون المفضل فى المصنع الذى يعتمد قاعدة "يأتى أولاً يخدم أولاً" .

٢- المفاضلة بين القواعد الست المذكورة أعلاه على أساس معايير الفاعلية : متوسط وقت المعالجة ، متوسط وقت التأخير ، العدد المتوسط للأعمال .

الحل :

أولاً – قاعدة "يأتى أولاً يخدم أولاً" :

حيث إن الترتيب الأولى للأعمال المعطاة فى المثال يكون حسب هذه القاعدة على

افتراض أن البيانات مأخوذة من سجلات المصنع التى تسجل فيها الطلبيات حسب ورودها .

تعاقب الأعمال : أ – ب – جـ – د – هـ

ولاحتساب معايير الفاعلية لهذه القاعدة نقوم بتنظيم الجدول التالى .

الأعمال	وقت المعالجة (يوم)	موعد الأداء (يوم)	وقت الانتهاء من العمل	وقت التأخير* (يوم)
أ	٦	١٢	٦	صفر
ب	١٥	١٨	٢١	٣
جـ	١٢	١٩	٣٣	١٤
د	١٠	١٤	٤٣	٢٩
هـ	٧	١٦	٥٠	٣٤
المجموع	٥٠	–	١٥٣	٨٠

(*) وقت التأخير = وقت المعالجة التراكمى – موعد الأداء (وفى حالة الناتج السالب يحوّل إلى صفر بسبب استحالة ذلك) .

متوسط وقت المعالجة = (مجموع وقت الانتهاء من العمل) / (عدد الأعمال) = ١٥٣\٥ = ٣٠,٦ يوم .

متوسط وقت المعالجة = (مجموع وقت التأخير) / (عدد الأعمال) = ٨٠\٥ = ١٦ يوماً .

العدد المتوسط للأعمال = (مجموع وقت الانتهاء من العمل) / (مجموع وقت المعالجة) = ١٥٣\٥٠ = ٣,٠٦ عمل .

ثانيًا – قاعدة وقت المعالجة الأقصر :

تعاقب الأعمال : أ – هـ – د – جـ – ب

الأعمال	وقت المعالجة (يوم)	موعد الأداء (يوم)	وقت الانتهاء من العمل	وقت التأخير (يوم)
أ	٦	١٢	٦	صفر
هـ	٧	١٦	١٣	صفر
د	١٠	١٤	٢٣	٩
جـ	١٢	١٩	٣٥	١٦
ب	١٥	١٨	٥٠	٣٢
المجموع	٥٠	–	١٢٧	٥٧

متوسط وقت المعالجة = ١٢٧\٥ = ٢٥,٤ يوم .

متوسط وقت التأخير = ٥٧\٥ = ١١,٤ يوم .

العدد المتوسط للأعمال = ١٢٧\٥٠ = ٢,٥٤عمل .

ثالثًا – قاعدة وقت المعالجة الأطول (معكوس القاعدة السابقة) :

تعاقب الأعمال : ب – جـ – د – هـ – أ

الأعمال	وقت المعالجة (يوم)	موعد الأداء (يوم)	وقت الانتهاء من العمل	وقت التأخير (يوم)
ب	١٥	١٨	١٥	صفر
جـ	١٢	١٩	٢٧	١٢
د	١٠	١٤	٣٧	٢٣
هـ	٧	١٦	٤٤	٢٨
أ	٦	١٢	٥٠	٣٨
المجموع	٥٠	–	١٧٣	١٠١

متوسط وقت المعالجة = ١٧٣\٥ = ٣٤,٦ يوم .

متوسط وقت التأخير = ١٠١\٥ = ٢٠,٢ يوم .

العدد المتوسط للأعمال = ١٧٣\٥٠ = ٣,٤٦ عمل .

رابعًا – قاعدة موعد الأداء :

تعتمد هذه القاعدة على الترتيب التصاعدى للأوقات فى عمود موعد الأداء .

تعاقب الأعمال : أ – د – هـ – ب – جـ

الأعمال	وقت المعالجة (يوم)	موعد الأداء (يوم)	وقت الانتهاء من العمل	وقت التأخير (يوم)
أ	٦	١٢	٦	صفر
د	١٠	١٤	١٦	٢
هـ	٧	١٦	٢٣	٧
ب	١٥	١٨	٣٨	٢٠
جـ	١٢	١٩	٥٠	٣١
المجموع	٥٠	–	١٣٣	٦٠

متوسط وقت المعالجة = ١٣٣ \ ٥ = ٢٦,٦ يوم .

متوسط وقت التأخير = ٦٠ \ ٥ = ١٢ يومًا .

العدد المتوسط للأعمال = ١٣٣ \ ٥٠ = ٢,٦٦ عمل .

خامسًا – النسبة الحرجة (النسبة الحرجة = موعد الأداء ÷ وقت المعالجة) :

ويتم ترتيب الأعمال حسب النسبة الحرجة بشكل تصاعدى من الأدنى إلى الأعلى :

تعاقب الأعمال : ب – د – جـ – أ – هـ

الأعمال	وقت المعالجة (يوم)	موعد الأداء (يوم)	وقت الانتهاء من العمل	وقت التأخير (يوم)	النسبة الحرجة
ب	١٥	١٨	١٥	صفر	١,٢
د	١٠	١٤	٢٥	١١	١,٤
جـ	١٢	١٩	٣٧	١٨	١,٥٨
أ	٦	١٢	٤٣	٣١	٢
هـ	٧	١٦	٥٠	٣٤	٢,٢٨
المجموع	٥٠	–	١٧٠	٩٤	–

متوسط وقت المعالجة = ١٧٠\٥ = ٣٤ يوماً .

متوسط وقت التأخير = ٩٤\٥ = ١٨,٨ يوم .

العدد المتوسط للأعمال = ١٧٠\٥٠ = ٣,٤ عمل .

سادساً – قاعدة الزبون المفضل / يأتى أولاً يخدم أولاً :

تعاقب الأعمال : هـ – أ – ب – جـ – د

الأعمال	وقت المعالجة (يوم)	موعد الأداء (يوم)	وقت الانتهاء من العمل	وقت التأخير (يوم)
هـ	٧	١٦	٧	صفر
أ	٦	١٢	١٣	١
ب	١٥	١٨	٢٨	١٠
جـ	١٢	١٩	٤٠	٣١
د	١٠	١٤	٥٠	٣٦
المجموع	٥٠	–	١٣٨	٧٨

متوسط وقت المعالجة = ١٣٨\٥ = ٢٧,٦ يوم .

متوسط وقت التأخير = ٧٨\٥ = ١٥,٦ يوم .

العدد المتوسط للأعمال = ١٣٨\٥٠ = ٢,٧٦عمل .

- للمفاضلة بين القواعد الست وذلك بالاعتماد على معايير الفاعلية ؛ نقوم بإعداد جدول يلخص النتائج التى تم التوصل إليها سبقًا .

القواعد	متوسط وقت المعالجة	متوسط وقت التأخير	العدد المتوسط للأعمال
يأتى أولاً يخدم أولاً	٣٠.٦	١٦	٣.٠٦
وقت المعالجة الأقصر	٢٥.٤	١١.٤	٢.٥٤
وقت المعالجة الأطول	٣٤.٦	٢٠.٢	٣.٤٦
موعد الأداء	٢٦.٦	١٢	٢.٦٦
النسبة الحرجة	٣٤	١٨.٨	٣.٤
الزبون المفضل	٢٧.٦	١٥.٦	٢.٦٧

التعليق على جدول النتائج : إن إدارة المصنع إذا كانت تهتم أكثر بتحسين خدمة الزبائن ؛ فإن القاعدة الأفضل هى القاعدة الثانية (وقت المعالجة الأقصر) ؛ لأنها تحقق أقصر وقت معالجة (٢٥.٤) يوم وأقل وقت تأخير (١٦.٨) يوم . أما إذا كانت تعطى أهمية أكبر لتحسين استغلال الموارد ؛ فإن القاعد الأفضل هى القاعد الثالثة (وقت المعالجة الأطول) ؛ لأنه يحقق أكبر عدد من الأعمال (٣.٤٦) منجز فى مركز العمل بالمقارنة مع القواعد الأخرى .

ثانيا - قواعد وحالات أخرى :

نعرض فى هذه الفقرة قواعد وحالات أخرى لتغطية مشكلات التعاقب الأخرى .

(١) قاعدة الخامل الأقل :

التعاقب فى هذه القاعدة يتم على أساس الوقت الخامل الأصغر الذى يمكن احتسابه كالآتى :

الوقت الخامل = موعد الأداء - وقت المعالجة .

وعند استخدام الأيام التقويمية نقوم باحتساب الوقت المتبقى ، ومن ثم الوقت الخامس كما فى المثال (١٠- ٧) .

مثال (١٠ – ٧) :

فى ورشة الإخلاص لإنتاج الحلقات المعدنية توفرت البيانات الآتية عن خمس طلبيات مطلوب إنتاجها فى الفترة القادمة .

المطلوب : إيجاد تعاقب الطلبيات حسب قاعدة الخامل الأقل .

الطلبيات	وقت المعالجة (يوم)	موعد استلام الطلبية	موعد أداء الطلبية
الأولى	٣٥	٧٥	١٣٤
الثانية	٤٨	٤٣	١١٢
الثالثة	٢٥	٦٨	١٤٠
الرابعة	٥٠	٩٠	١٥٥
الخامسة	٤٢	٤٨	٩٢

الحـل :

احتساب الوقت المتاح والوقت الخامل حيث إن :

الوقت المتـاح = موعد الأداء – موعد استلام الطلبية .

الوقت الخامل = الوقت المتاح – وقت المعالجة .

الطلبيات	وقت المعالجة (يوم)	الوقت المتاح (يوم)	الوقت الخامل (يوم)	التعاقب
الأولى	٣٥	٥٩	٢٤	٤
الثانية	٤٨	٦٩	٢١	٣
الثالثة	٢٥	٧٢	٤٧	٥
الرابعة	٥٠	٦٥	١٥	٢
الخامسة	٤٢	٤٤	٢	١

(٢) تقليل عدد الأعمال المتأخرة :

تسمى هذه الطريقة أيضًا خوارزمية مور (Moore's Algorithm) ، وهى تساعد فى مسائل تعاقب الأعمال على تقليص عدد الأعمال المتأخرة وليس عدد أيام التأخير (كما هو الحال عند استخدام معيار متوسط وقت التأخير) وخطوات الطريقة كما هى مبينة فى المثال (١٠–٨) .

مثال (١٠ – ٨) :

أدناه ستة أعمال وأوقات معالجتها ومواعيد أدائها .

المطلوب : تحديد تعاقب الأعمال باستخدام طريقة تقليل عدد الأعمال المتأخرة .

الأعمال	وقت المعالجة (يوم)	موعد الأداء (يوم)
ك	٨	١٦
ل	٣	١٤
م	١٠	١٢
ن	٤	٢٠
ص	٩	١٨
ع	٧	٢٩

الحـل :

أ – نقوم بترتيب الأعمال حسب مواعيد الأداء تصاعديًا فيكون تعاقب الأعمال :

م – ل – ك – ص – ن – ع .

ب – حساب وقت الانتهاء من العمل ومقارنته فى كل مرة مع موعد الأداء المقابل ، وعند ظهور أول عمل متأخر ينقل إلى آخر ترتيب .

الأعمال	وقت المعالجة (يوم)	وقت الانتهاء من العمل (يوم)	موعد الأداء
م	١٠	١٠	١٢
ل	٣	١٣	١٤
ك	٨	٢١	١٦
ص	٩	٣٠	١٨
ن	٤	٣٤	٢٠
ع	٧	٤١	٢٩

يظهر من المقارنة أن العمل (ك) هو أول عمل متأخر حيث وقت المعالجة المتراكم (٢١) أكبر من موعد الأداء (١٦) فينقل إلى الترتيب الأخير ، وكذلك بالنسبة العمل (ص) فيكون التعاقب في هذه الحالة : م - ل - ن - ع - ك - ص .

جـ - التعاقب الأخير هو الأفضل ؛ لأنه يحقق أقل عدد من الأعمال المتأخرة كما يتضح في الجدول أدناه .

الأعمال	وقت المعالجة (يوم)	وقت الانتهاء من العمل (يوم)	موعد الأداء	الملاحظات
م	١٠	١٠	١٢	بدون تأخير
ل	٣	١٣	١٤	بدون تأخير
ن	٤	١٧	٢٠	بدون تأخير
ع	٧	٢٤	٢٩	بدون تأخير
ك	٨	٣٢	١٦	تأخير
ص	٩	٤١	١٨	تأخير

يلاحظ أن هذه الطريقة أدت إلى تقليص عدد الأعمال المتأخرة من (٤) عند اعتماد "قاعدة يأتي أولاً يخدم أولاً" إلى عملين متأخرين فقط هما (ك) و(ص) بدلاً من الأعمال المتأخرة الأربعة وهي : (م) (ن) (ع) (ص) .

(٣) قاعدة جونسون :

إن هذه القاعدة تعمل عندما يكون هناك (ن) من الأعمال تنجز على مركزي عمل في تعاقب لا يجوز فيها تخطي عمل لعمل آخر ، وأن تنجز الأعمال بنفس التعاقب ، أي أنها مشكلة "ن/٢ بدون تخطي" (N/2 Problem-no Passing) ، ولا تخطي تعني أنه من غير المسموح أن يعبر أي عمل عملاً آخر بينما يكون العمل الأول الذي يسبقه التعاقب في حالة انتظار ، وألا يتم البدء بعمل قبل أن يكون العمل السابق له مكتملاً . والشكل (١٠-٨) يوضح هذه الحالة .

الشكل رقم (١٠ – ٨) : التمثيل البيانى للمشكلة فى قاعدة جونسون

لاستخدام قاعدة جونسون لابد من توفر بعض الشروط وهى :

أ – أن وقت العمل يجب أن يتضمن وقت الإعداد والمعالجة ، ويكون معلومًا وثابتًا لكل عمل يتم إنجازه فى كل مركز عمل .

ب – أوقات العمل تكون مستقلة عن تعاقب العمل .

ج – جميع الأعمال يجب أن تتبع نفس تعاقب العمل فى مركزى العمل .

د – أسبقيات العمل لا يمكن استخدامها عند استخدام هذه القاعدة .

تساعد قاعدة جونسون عند توفر الشروط السابقة على تحديد التعاقب الأمثل وللتوصل إلى التعاقب الأمثل يجب القيام بالخطوات الآتية :

(١) تحديد الأعمال وأوقاتها فى كل مركز عمل .

(٢) اختيار الوقت الأقصر ، فإذا كان هذا الوقت يقع ضمن مركز العمل الأول تتم جدولة العمل المناظر كعمل أول من البداية ، أما إذا كان الوقت الأقصر ضمن مركز العمل الثانى ؛ فتتم جدولة العمل كآخر عمل فى التعاقب .

(٣) تكرار الخطوة (٢) بأن تكون الجدولة متجهة إلى مركز التعاقب من الأمام والخلف ، إلى أن تتم جدولة جميع الأعمال والمثال (١٠–٩) يوضح كيفية استخدام هذه القاعدة .

مثال (١٠ – ٩) :

فى الورشة الصناعية الحديثة هناك خمسة أعمال تعالج على مركزى عمل متعاقبين : الأول للمعالجة بالحرارة ، والثانى للصب والتشكيل . ما هو تعاقب الأعمال الأمثل الذى

يحقق أدنى وقت إنجاز للأعمال فى مركزى العمل ، وما هو وقت العمل الكلى والأوقات العاطلة ، إذا كانت أوقات العمل (الإعداد والمعالجة) كما فى الجدول أدناه ؟

الأعمال	وقت العمل (ساعة)	
	مركز العمل الأول	مركز العمل الثانى
ع -١٠	٩	١١
ع -١١	٧	٩
ع -١٢	٦	٨
ع -١٣	١٠	٦
ع -١٤	١٨	١٢

الحــل :

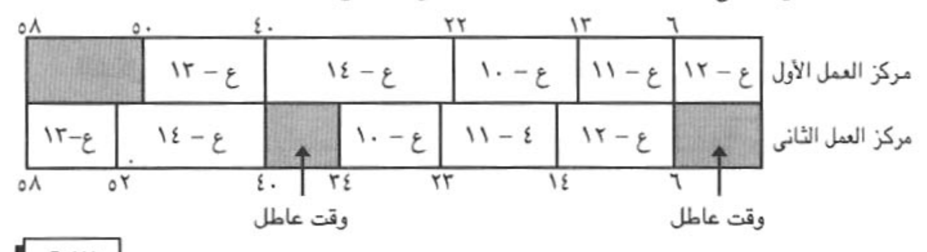
١- نحدد وقت العمل الأقصر فى مركزى العمل ، وحيث إن هناك عملين ذوى أقصر وقت : الأول هو (ع - ١٢) فى مركز العمل الأول ، والثانى (ع - ١٣) فى مركز العمل الثاني ؛ لهذا تتم جدولة الأول من الأمام والثانى من الخلف وهى كالآتى :

ع - ١٢				ع - ١٣

٢- نكرر الخطوة السابقة بعد حذف الأعمال التى تم تحديد ترتيبها فى الجدول ؛ فنجد أن أقصر وقت عمل لاحق يقع فى مركز العمل الأول ومقداره (٧) وهو (ع - ١١) ، ويجدول من الأمام يليه العمل بوقت مقداره (٩) وهو (ع - ١٠) ثم العمل (ع - ١٤) .

ع - ١٢	ع - ١١	ع - ١٠	ع - ١٤	ع - ١٣

٣- إن الطريقة الأسهل لتحديد وقت العمل الكلى والأوقات العاطلة فى مركز العمل تتمثل فى وضع مخطط بتعاقب الأعمال وهى كالآتى :



يلاحظ من المخطط أن الأعمال الخمسة تتطلب (٥٨) ساعة من أجل إكمالها على مركزى العمل ، وأن مركز العمل الأول سينجز الأعمال كلها فى (٥٠) ساعة وينتظر إكمالها من قبل مركز العمل الثانى فى حالة وقت عاطل (٨) ساعات ، فى حين أن مركز العمل الثانى سينتظر فى البداية (وقت عاطل) لفترة (٦) ساعات ؛ لكى ينجز مركز العمل الأول العمل (ع - ١٢) ، كما سينتظر (٦) ساعات لحين إكمال العمل (ع - ١٤) من قبل مركز العمل الأول .

إن وقت الانتظار كوقت عاطل يمكن أن يستخدم فى أعمال أخرى كالصيانة ، أو أية خدمة أخرى ، ويمكن احتساب نسبة الوقت العاطل فى المركزين :

نسبة الوقت العاطل فى مركز العمل الأول = ٨\٥٨ = ١٣,٨٪

نسبة الوقت العاطل فى مركز العمل الثانى = ١٢\٥٨ = ٢٠,٤٪

(٤) معالجة الأعمال فى ثلاثة مراكز عمل :

فى حالة معالجة (ن) من الأعمال من قبل (٣) مراكز عمل وبدون تخطى أى عمل لعمل آخر ؛ فإن المشكلة تصبح أكثر تعقيداً ، إلا أن بالإمكان التوصل إلى التعاقب الأمثل "قاعدة جونسون" عند توفر أحد الشرطين الآتيين أو كليهما .

الأول : أن وقت العمل الأصغر فى مركز العمل لا يقل عن وقت العمل الأكبر فى مركز العمل الثانى .

الثانى : أن وقت العمل الأصغر فى مركز العمل الثالث لا يقل عن وقت العمل الأكبر فى مركز العمل الثانى .

إن التمثيل البيانى لهذه المشكلة هو كما فى الشكل رقم (١٠ - ٩) والمثال (١٠ - ١٠) يوضح استخدام قاعدة جونسون فى هذه الحالة .

الشكل رقم (١٠ - ٩) : التمثيل البيانى لمعالجة الأعمال فى (٣) مراكز عمل



مثال (١٠ – ١٠) :

أدناه خمسة أعمال وأوقات معالجتها فى (٣) مراكز عمل .

المطلوب : إيجاد التعاقب الأمثل باستخدام قاعدة جونسون .

الأعمال	مركز العمل الأول (ساعة)	مركز العمل الثانى (ساعة)	مركز العمل الثالث (ساعة)
أ	٢٠	٦	٩
ب	١٢	٤	٧
ج	٨	٢	١٠
د	١٥	٧	١٤
هـ	٧	٥	١٢

الحل :

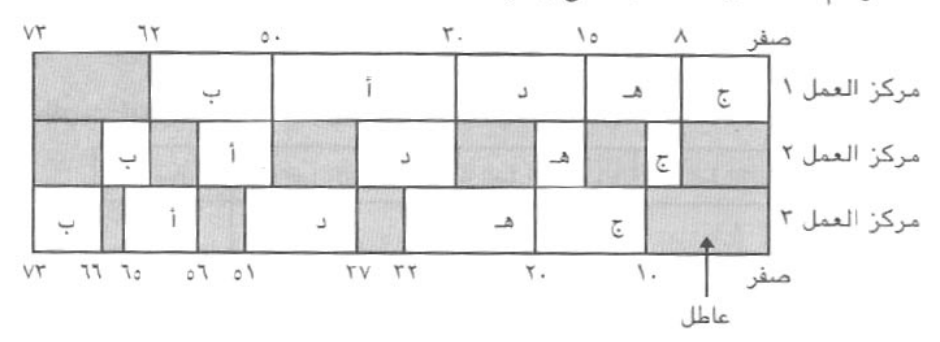
١- يلاحظ أن الشرطين لاستخدام قاعدة جونسون مستوفيان ؛ فأصغر وقت عمل فى المركز الأول هو (٧) وهو نفسه أكبر وقت فى الثانى وأصغر وقت عمل فى المركز الثالث . نقوم بتشكيل المصفوفة الجديدة بعد إضافة أوقات عمل المركز الثانى إلى الأوقات المناظرة فى المركز الأول والثالث ؛ فتكون المصفوفة كالآتى :

الأعمال	مركز العمل الأول + الثانى	مركز العمل الثالث + الثانى
أ	٢٦	١٥
ب	١٦	١١
ج	١٠	١٢
د	٢٢	٢١
هـ	١٢	١٧

٢- بعدئذ نطبق نفس خطوات قاعدة جونسـون على التعاقب الآتى :

ج	هـ	د	أ	ب

٣- نرسم مخطط وقت العمل الكلى والأوقات العاطلة :



إذن وقت العمل الكلى فى المراكز الثلاثة (٧٣) ساعة والوقت العاطل فى المراكز الثلاثة على التوالى : (١١) ، (٤٩) ، (٢١) ساعة ، يلاحظ من المثال أننا قمنا بتحويل مشكلة خمسة أعمال على ثلاث مراكز عمل إلى خمسة أعمال على مركزى عمل ؛ من أجل التوصل إلى التعاقب الأفضل حسب قاعدة جونسون .

١٠-٦ - الجدولة التفصيلية :

إذا كانت الجدولة الإجمالية تميل إلى تجميع وتكتيل الأعمال والاحتياجات والفترات المطلوبة لإنجاز مجموعة من الأعمال ؛ فإن الجدولة التفصيلية هى الحالة المقابلة فى تجزئة الأعمال وتوزيعها على مراكز العمل ، وبما يساعد على تحديد العمل المسؤول عن إنجاز العمل وتخصيص الأعمال التى يجب أن تقوم بمعالجتها ، وعند وجود أكثر من عمل واحد فى مركز العمل يتم تحديد تعاقب الأعمال حسب قواعد الأسبقية ، وبعد تحديد ترتيب الأعمال : فإن الجدولة التفصيلية تبدأ بتحديد الأيام التقويمية للبدء بالإنتاج ، ومن ثم مواعيد الانتهاء منها : لهذا فإن الجدولة التفصيلية تكون ضرورية لغرض الرقابة على الأعمال والطلبيات ، واختيار مواعيد البدء والانتهاء منها : لتجنب التأخير فى الإنتاج وتخطى مواعيد الأداء . ولكن ما العمل إذا حدثت ظروف غير مواتية كما فى عطل الآلات أو تأخير تجهيزات المواد وبشكل يمكن أن يؤدى إلى تأخير الأعمال وتخطى مواعيد الأداء . والإجابة تكمن بدون شك فى دور القائمين بعمليات الجدولة فى معالجة ذلك باستخدام التعجيل .

١٠-٧ - التعجيل :

إن التعجيل يمثل عملية أساسية فى الجدولة خاصة عند الانحراف عن الخلطة أو عن برنامج الجدولة ؛ مما يؤدى إلى التأخير عند الالتزام بالوقت الاعتيادى للعمل ؛ لهذا يكون التعجيل بمثابة نشاط تصحيحى ؛ من أجل معالجة الانحراف . ولابد من التأكيد على أن التعجيل قد لا يعنى بالضرورة وجود انحراف فى التنفيذ يمكن أن يؤدى إلى التأخير فى موعد التسليم ، وإنما فى بعض الأحيان تكون هناك طلبيات طارئة لا يمكن إنجازها باستخدام الموارد الاعتيادية ، وإنما لابد من استخدام موارد إضافية ، وفى أحيان أخرى قد يطلب الزبون تسليم الطلبية قبل موعدها مقابل كلفة إضافية يتحملها الزبون نفسه . وبشكل عام فإن عملية التعجيل عادةً ما تخضع لمبادلة الكلفة / الوقت ، أى أن تقليص الوقت المطلوب لإنجاز الطلبية بيوم واحد لابد أن يعنى تحمل كلفة إضافية أحياناً وتكون هذه الكلفة مبررة اقتصادياً عندما تكون كلفة التقليص فى الوقت هى أقل من كلفة الجزاء الناجمة عن التأخير فى موعد التسليم .

١٠-٨ - الرقابة على المدخلات/المخرجات :

إن الرقابة على المدخلات / والمخرجات عملية مهمة فى الجدولة ؛ لأنها تساعد على تحقيق الاستغلال الكفء والفعال للطاقة المتاحة وضمان جعل المدخلات الفعلية وفق ما هو مخطط ، وكذلك جعل المخرجات الفعلية وفق ما هو مخطط مع ضمان عدم تجاوز الانحراف المتراكم (الفرق بين المدخلات الفعلية والمخططة وكذلك المخرجات الفعلية والمخططة) عن الحدود المسموح بها ، وأيضًا عند تجاوز الانحراف المسموح فى الأعمال المخططة غير المنجزة عندما تكون سياسة الإدارة تحسين خدمة الزبائن .

يمكن تحديد أهداف عملية الرقابة على المدخلات / المخرجات فى الآتى :

١- معرفة الحالة الراهنة للأعمال (ما هى الأعمال التى أطلقت وأين موقعها) .

٢- تحديد الأعمال اللاحقة فى مراكز العمل .

٣- تحقيق الاستغلال الكفء للموارد المستخدمة (الآلات والعمال ، المخزون الأدنى ، كلفة التهيئة أقل .... إلخ) .

٤- ضمان ملاءمة الموارد والطاقة فى مراكز العمل (التأكد من الكميات الصحيحة من المواد فى المكان والزمان الملائمين وتوفر الطاقة والوسائل لاستخدامها) .
٥- المحافظة على رقابة العمليات (الرقابة على حالة ، أوقات انتظار الصنع ، قياس التقدم فى العمل ، والنشاط التصحيحى عند الحاجة) .

والجدول رقم (١٠-١٠) يتضمن تقرير المدخلات/المخرجات فى مركز العمل (س) ؛ حيث يوضح الحالة الراهنة لمركز العمل بعد الأسبوع الرابع من حيث المدخلات والمخرجات المخططة والفعلية والانحراف المتراكم والأعمال غير المنجزة المخططة والفعلية ؛ حيث إن الأعمال غير المنجزة قبل الأسبوع الأول كانت (٣٠٠) وحدة . فى الجدول المذكور نرى أن المخرجات المخططة تتجاوز المدخلات المخططة بمقدار (٥٠) وحدة بما يعادل فى ساعات العمل أسبوعيًا ؛ مما يعكس توجه الإدارة فى خفض الأعمال غير المنجزة التى انخفضت من (٣٠٠) وحدة قبل الأسبوع الأول إلى (١٠٠) وحدة بعد الأسبوع الرابع ، كما يلاحظ أن هناك انحرافًا مسموحًا بالموجب (كما فى المخرجات الفعلية تتجاوز المخططة) وبالسالب (كما فى المخرجات الفعلية أقل من المخططة) . وللسيطرة على الانحرافات عادةً ما تقوم الإدارة بتحديد المستوى المسموح من الانحراف المتراكم لا يجوز تجاوزه ، وعند حدوثه تقوم الإدارة باستخدام التعجيل لزيادة المخرجات الفعلية للتجاوز ما هو مخطط لمعالجة ذلك .

الجدول رقم (١٠-١٠) : تقرير المدخلات / المخرجات لمركز العمل (س) (التقرير معد بعد الأسبوع الرابع)

	الساعات المعيارية فى الأسبوع				
	الأسبوع ١	٢	٣	٤	٥
- المدخلات المخططة	٤٠٠	٣٥٠	٣٥٠	٣٠٠	٣٠٠
- المدخلات الفعلية	٤٠٠	٣٥٠	٣٥٠	٣٠٠	
- الانحراف المتراكم (الفعلى - المخطط)	-	-	-	-	
- المخرجات المخططة	٤٥٠	٤٠٠	٤٠٠	٣٥٠	٣٠٠
- المخرجات الفعلية	٤٤٠	٤١٠	٤٠٥	٣٣٠	
- الانحراف المتراكم (الفعلى - المخطط)	- ١٠	-	+ ٥	- ١٥	
- الأعمال المخططة غير المنجزة	٢٥٠	٢٠٠	١٥٠	١٠٠	١٠٠
- الأعمال الفعلية غير المنجزة (٣٠٠) وحدة	٢٦٠	٢٠٠	١٤٥	١١٥	

يلاحظ من الجدول أن الأعمال غير المنجزة عند بداية الأسبوع الأول كانت (٣٠٠) وحدة . وأن الإدارة جعلت المدخلات المخططة والتى يتم قبولها وإدخالها إلى مركز العمل هى (٤٠٠) وحدة (ما يعادلها من ساعات العمل) والفعلية (٤٠٠) وحدة فى الأسبوع الأول . إلا أن المخرجات المخططة كانت (٤٥٠) ؛ مما يعنى أن الإدارة تسعى لخفض الأعمال غير المنجزة ؛ لهذا ظهرت الأعمال المخططة فى الأسبوع الأول (٢٥٠) وحدة . ولكن المخرجات الفعلية كانت (٤٤٠) وحدة ، أى بانحراف سالب مقداره (١٠) وحدات ؛ مما أدى إلى انخفاض الأعمال الفعلية غير المنجزة بمقدار (٤٠) وحدة هو الفرق بين المخرجات الفعلية (٤٤٠) وحدة والمدخلات الفعلية (٤٠٠) وحدة . وفى الأسبوع الثانى كانت المدخلات الفعلية (٣٥٠) وحدة ، بينما المخرجات الفعلية (٤١٠) وحدة : مما يعنى خفض الأعمال الفعلية غير المنجزة بمقدار (٦٠) وحدة من (٢٦٠) وحدة فى الأسبوع الأول إلى (٢٠٠) فى الأسبوع الثانى .

إن استخدام المقارنة بين المدخلات والمخرجات المخططة والانحراف التراكمى والحد الأقصى من الانحراف المسموح (مثلاً وحدات عشرين ساعة عمل فى الأسبوع) - يساعد على الرقابة على المدخلات والمخرجات ، وكذلك على أنشطة مهمة مثل وقت الانتظار والأعمال غير المنجزة والنشاط التصحيحى المتعلق باستخدام الوقت الإضافى والتعاقد الثانوى والمخزون وغيره .

كما أن تقرير المدخلات / والمخرجات يكون أداة مفيدة لقياس الطاقة والسيطرة عليها ، والواقع أن هناك القليل من الرقابة على أوقات الانتظار والتى تتطلب توجيه اهتمام أكبر للسيطرة عليها ، وهذا ما تساعد عليه عملية الرقابة على المدخلات / والمخرجات ، ولا بد من وقفة عند وقت الانتظار بالنظر لأهمية فقر الإنتاج . يمكن تحديد وقت الانتظار كما مبين فى الشكل رقم (١٠-١١) حيث يظهر أن العنصر المهيمن على وقت الانتظار هو وقت الصف الذى يقدر بنسبة (٧٠٪) إلى (٩٠٪) من مجموع وقت الانتظار ، وهذا يعنى أن العناصر المتبقية تكون نسبتها ما بين (١٠ - ٣٠ ٪) ، وأن وقت العمل والتشغيل الفعلى يكون بالمتوسط (١٠٪) أو أقل . إن الرقابة على أوقات الانتظار تتمثل بدرجة كبيرة فى السيطرة على وقت الصف الذى هو بالطبع دالة مباشرة لعدد الطلبيات التى يتم إطلاقها فى المصنع .

الشكل رقم (١٠-١١) : عناصر وقت الانتظار

وقت الحركة	وقت الانتظار	وقت التشغيل أوالعمل الفعلى	وقت الإعداد	وقت الصف

ويمكن تحقيق الرقابة على أوقات الانتظار عن طريق الرقابة على المعدل الذى تطلق الطلبيات به إلى مراكز العمل ، والمثال (١٠-١١) يوضح ذلك .

مثال (١٠-١١) :

منتج كان لديه معدل المخرجات (٣٢٠) ساعة فى الأسبوع ، وقد قام بقياس التحميل فى ورشته فكان الآتى :

- طلبيات لم يتم إطلاقها ٦٤٠ ساعة
- الأعمال تحت التشغيل
  - الاحتياجات الفعلية ٩٦٠ ساعة
  - طلبيات طويلة الأمد ٣٢٠ ساعة
  - المجموع ١٩٢٠ ساعة

المطلوب : أ) تحديد وقت انتظار الصنع .

ب) التعليق على نتيجة الطبيات طويلة الأمد فى وقت الانتظار .

الحل :

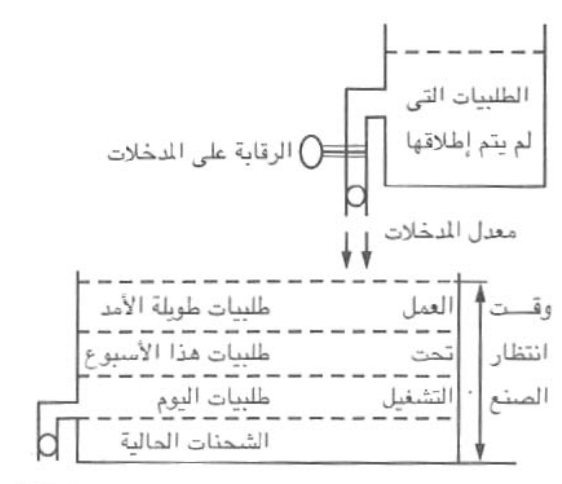
أ) يمكن احتساب وقت الانتظار باستخدام الصيغة الآتية :

$$\text{وقت الانتظار} = \frac{\text{أعمال تحت التشغيل (الاحتياجات + الطلبيات)}}{\text{معدل المخرجات}}$$

$$= \frac{٩٦٠ + ٣٢٠}{\text{٣٢٠ ساعة / أسبوع}} = \text{٤ أسابيع .}$$

ب) إن الطلبيات طويلة الأمد عندما تطلق فى المصنع ؛ فإنها تصبح جزءًا من الأعمال تحت التشغيل لتدخل ضمن الطلبيات المطلقة غير المنجزة ، وهى تمثل احتياجات مؤجلة فى المصنع لا تحتاج إلى أوامر إطلاق من أجل إنتاجها ، والشكل رقم (١٠-١٢) يصور هذه العملية .

الشكل رقم (١٠-١٢) : الرقابة على وقت الانتظار



ولغرض الرقابة على السعة يكون من الضرورى فصل الأسبقية عن استغلال السعة ؛ ففى بعض المصانع فإن معالجة الأسبقية لا تساهم فى حل مشكلات السعة ، فلو فرضنا أن المصنع كان فى حالة التحميل وأن بعض الزبائن يشكون من تأخر طلبياتهم ؛ مما يدفع المصنع إلى تحويل طلبياتهم إلى طلبيات ساخنة أو وضع بطاقة حمراء عليها ؛ لتصبح ذات أسبقية لتهدئة هؤلاء الزبائن ، فإن هذا الإجراء بقدر ما يؤدى إلى شكوى الزبائن الآخرين الذين حلت محل طلبياتهم الطلبيات ذات الأسبقية ؛ مما يعنى أن طريقة الأسبقية لم تساهم فى حل مشكلات السعة .

لهذا فإن الرقابة على المدخلات / المخرجات يمكن أن تساعد فى تحقيق الرقابة على السعة من خلال الملاءمة بين ساعات العمل وسعة الآلات الفعلية والمخططة والتغذية العكسية لقاعدة البيانات التى تساعد على اتخاذ وتوقيت النشاط التصحيحى فى حالة الانحرافات غير المسموحة .

١٠-٩ - مداخل الجدولة :

لقد أشرنا فى عملية الجدولة التفصيلية إلى أنها تهتم بمواعيد البدء والانتهاء من العمل ، وبالعلاقة مع هذه المواعيد يمكن أن نميِّز بين مدخلين للجدولة : الجدولة من الخلف والجدولة إلى الأمام ، ونعرض فيما يلى لكلا النوعين :

أولا : الجدولة من الخلف

فى مدخل الجدولة من الخلف فإن الزبون يحدد موعد الأداء أو التسليم المطلوب ؛ فتتم الجدولة بتحديد وقت البدء الأكثر تأخيراً للعمل لكى تنجز الطلبية فى الموعد الأخير لتسليمها بدون أى تأخير ، أى أن الجدولة تتحدد من موعد التسليم (وقت الانتهاء) والرجوع إلى الأمام لتحديد وقت البدء بالعمل . وبهذه الطريقة يتم تخفيض المخزون أو العمل فى التشغيل إلى الحد الأدنى . وهذا المدخل يعمل بشكل جيد فى بيئة تخطيط الاحتياجات من المواد (MRP) وفى صناعات نمط التجميع ، إلا أن هناك عيوبًا تظهر فى هذا المدخل أهمها : أن الازمات مثل عطل الآلة أو غياب العامل أو تأخير التوريد - تؤدى إلى تأخير التسليم إلى ما بعد الموعد الأخير . كما أنه يتطلب دقة أكبر فى احتساب أوقات الانتظار وعناصره المختلفة وخاصةً وقت انتظار الصنع .

ثانيا : الجدولة إلى الأمام

هذه الجدولة تكون ملائمة عندما يكون الزبون بحاجة إلى استلام الطلبية بوقت مبكر كلما كان ذلك ممكنًا ؛ فتتم جدولته فى وقت البدء الأبكر للعمل لكى تنجز الطلبية قبل موعد التسليم ، وهذا المدخل يفترض أن الحصول على المواد

يبدأ عندما تكون الاحتياجات معلومة ، والبدء بالإنتاج عندما تطلق الطلبية وصدور أوامر الترخيص بالعمل ، ويستخدم هذا المدخل فى شركات الصلب وبناء المعدات الثقيلة لتلبية طلبية الزبون عندما يتم الانتهاء منها . ومن مزايا هذا المدخل أن الجدولة تكون أكثر هدوءاً واستقراراً لوجود وقت فائض قبل الموعد الأخير لتسليم الطلبية ، ويكون المدخل ملائماً عند وجود مشكلات فى الإنتاج والتوريد من المحتمل أن تؤدى إلى التأخير فى مواعيد البدء والانتهاء من الطلبية . أما عيوب هذا المدخل فيمكن تحديدها فى الاحتفاظ بمخزون أكبر لإنتاج الطلبية بموعد أبكر من موعد التسليم ، كما أنه يساعد على استمرار المشكلات فى الإنتاج والتوريد بدلاً من حلها . والمثال (١٠-١٢) يوضح استخدام هذين المدخلين فى جدولة الطلبيات .

مثال (١٠-١٢) :

طلبية من (٦٠٠) وحدة من الجزء (س-٢٠٠) الذى يتطلب إنتاجه عمليات فى أربعة أقسام وقد توفرت البيانات الآتية عن الطلبية :

الأقسام	وقت المعالجة للوحدة (ساعة)	عدد الآلات فى القسم	موعد إطلاق الطلبية	موعد تسليم الطلبية
المعالجة بالحرارة	٤	١٠	الأسبوع الأول	الأسبوع العاشر
التشكيل المعدنى	١,٨	٩	الأسبوع العاشر	الأسبوع الثامن عشر
التنعيم	٢,٤	٥	الثامن عشر	السادس عشر
الطلاء	٢	١٢	السادس والعشرون	الثانى والثلاثون

وكانت ساعات العمل فى الأسبوع فى كل قسم (٤٠) ساعة .

المطلوب : ١ - جدولة طلبية الجزء (س-٢٠٠) وفق مدخل الجدولة من الخلف .

٢ - جدولة طلبية الجزء (س-٢٠٠) وفق مدخل الجدولة إلى الأمام .

الحل :

يلاحظ من الجدول أن إطلاق الطلبية فى قسم المعالجة بالحرارة يمكن أن يتم فى

الأسبوع الأول (هناك مرونة فى موعد الإطلاق حسب نوع الجدولة) ، ولكن تسليمها يجب أن يتم فى الأسبوع العاشر ، والطلبية نفسها يمكن أن تطلق فى قسم التشكيل المعدنى فى الأسبوع العاشر إلا أن التسليم يجب أن يكون فى الأسبوع الثامن عشر وهكذا .

احتساب الوقت اللازم بالأسابيع لتنفيذ الطلبية فى كل قسم :

الوقت اللازم فى قسم المعالجة بالحرارة (أسبوع) = (٦٠٠×٤) \ (٤٠×١٠) = ٦ أسابيع .

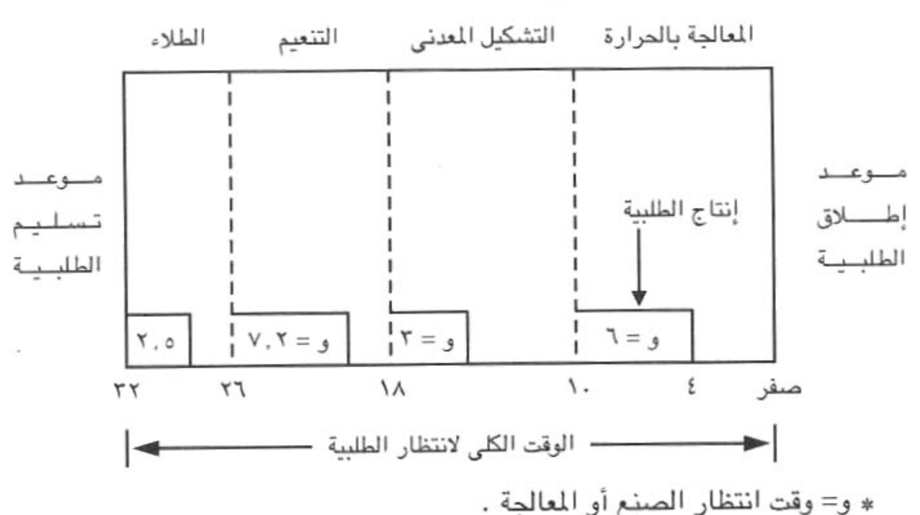
فى قسم التشكيل المعدنى (أسبوع) = (٦٠٠ × ١,٨) \ (٤٠ × ٩) = ٣ أسابيع .

فى قسم التنعيم (أسبوع) = (٦٠٠ × ٢,٤) \ (٤٠ × ٥) = ٧,٢ أسبوع .

فى قسم الطلاء (أسبوع) = (٦٠٠ × ٢) \ (٤٠ × ١٢) = ٢,٥ أسبوع .

١- الجدولة من الخلف

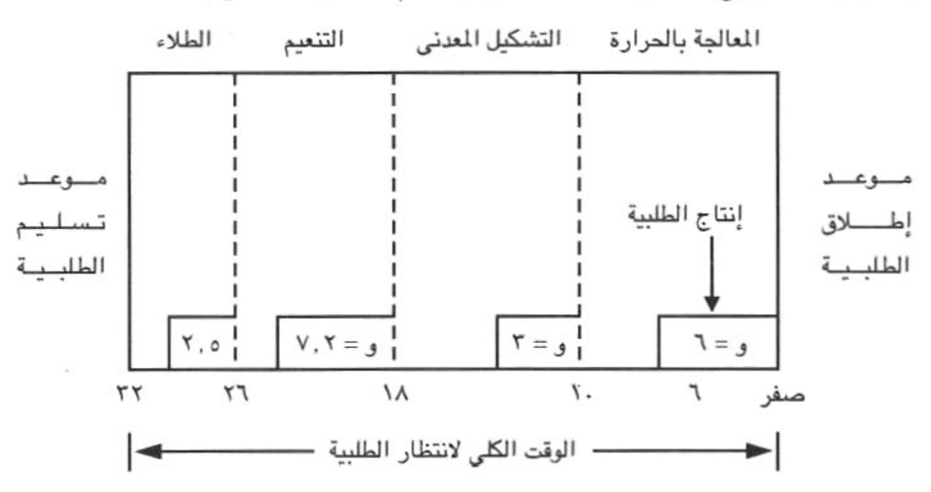
فى هذه الحالة فإن موعد البدء الأكثر تأخيراً بصنع الطلبية فى قسم المعالجة بالحرارة هو الأسبوع الرابع ؛ وذلك لأن موعد التسليم هو الأسبوع العاشر وفترة الصنع أو المعالجة هى (٦) أسابيع .



* و= وقت انتظار الصنع أو المعالجة .

٢- الجدولة إلى الأمام

إن موعد البدء بصنع الطلبية يكون هو الوقت الممكن لإنجاز الطلبية ، وفى هذا المثال فإن موعد إطلاق الطلبية فى الأسبوع الأول هو الوقت الأبكر فى قسم المعالجة بالحرارة والأسبوع العاشر هو الوقت الأبكر لقسم التشكيل المعدنى وهكذا .



يلاحظ أن الوقت الكلى لانتظار الطلبية (Total Lead Time) يكون نفسه فى كلا المدخلين ، ولكن عندما لا يكون الزبون بحاجة إلى استلام الطلبية بوقت مبكر قدر الإمكان ؛ فإن الوقت الكلى لانتظار الطلبية يكون الأطول فى مدخل الجدولة من الخلف ؛ لأنه يعمل على إنجاز الطلبية فى موعد تسليمها ، إلا أن الجدولة إلى الأمام يمكن أن تقلص الوقت الكلى لانتظار الطلبية ؛ لأنه يقوم بإنتاجها قبل موعد التسليم إلا أنه فى نفس الوقت يؤدى إلى زيادة المخزون ؛ لأن قسم المعالجة بالحرارة مثلاً ينتهى من الطلبية فى نهاية الأسبوع السادس ، ولا يستطيع تسليمها إلا فى الأسبوع العاشر ، ولكن بالمحصلة يمكن تسليم الطلبية فى الأسبوع (٢٨,٥) .

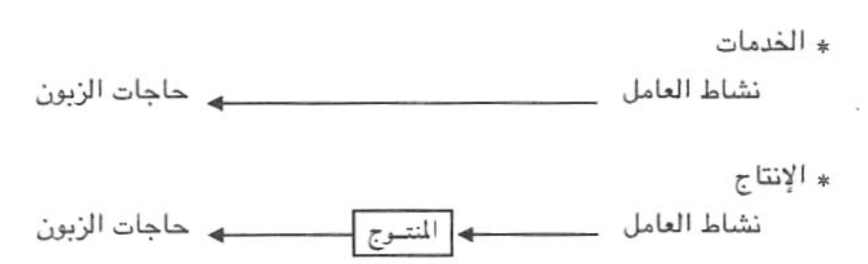
١٠-١٠ - الجدولة فى الخدمات :

يتزايد الاهتمام بتخطيط وجدولة الخدمات بشكل مطّرد بالنظر إلى اتساع قطاع الخدمات وتنوع مجالاته ؛ مما أدى إلى إعادة النظر فى تقييم هذا القطاع عموماً والأساليب

المستخدمة فى تخطيطه وتقييمه والرقابة عليه . ولقد أشار (ستيفن روج S .S. Roach) فى دراسة نشرت عام ١٩٩١م فى مجلة هارفرد للأعمال (HBR) تحت عنوان " الخدمات تحت الحصار : هدف إعادة البناء " إلى الموجة الجديدة فى إعادة البناء فى قطاع الخدمات موضحًا أن الخدمات فى السابق كانت محمية من المنافسة مع تحفيز أقل لمعالجة نقص الكفاءة الذى يعانى منه هذا القطاع ، إلا أن هذه الحالة قد اختفت فى الوقت الحاضر بعد أن أصبحت المنافسة على أشدها فى قطاع الخدمات .

والسؤال المهم الذى لا بد من طرحه هو ما هى الاختلافات الأساسية فى جدولة الخدمة عن جدولة الإنتاج ؟ والإجابة لا بد أن تراعى الاختلاف المهم بين الخدمة والمنتوج وطرق إدارتها والشكل رقم (١٠-١٣) يوضح أن الصلة بين القائم بالخدمة والزبون تكون أقوى فى الخدمات من العلاقة المناظرة فى إنتاج السلعة ؛ مما يجعل الجدولة أكثر صعوبة فى حالة الخدمة مقارنة بحالة المنتوج (السلعة) .

الشكل رقم (١٠-١٣) : العلاقة بين نشاط العامل وحاجات الزبون



إن الخدمات قد تتطلب اتصالاً بالزبون ؛ حيث إن هذا الاتصال يمثل شرط تقديم الخدمة كما فى المطاعم الراقية وخدمات الحلاقة ومكاتب الاستشارات وعيادة الطبيب ، وإن الجدولة عادةً ما تكون آنية وتتسم بالسمة الساخنة وذلك لأسباب أساسية : وجود الزبون نفسه الذى لا يمكن أن ينتظر طويلاً أو التأخير غير المبرر ، وتنوع الحاجات وبعض الطلبات قد تتسم بالجدة ؛ مما يتطلب معالجة خاصة وسريعة فى نفس الوقت ، وكذلك الوصول العشوائى للزبائن الذى قد يشهد فترات ذروة النشاط فى أوقات معينة من اليوم أو الأسبوع .

ومن الممكن تصنيف الخدمات إلى خدمات نمطية كما هو الحال فى الخدمات الشبيهة بالتصنيع (خدمات البريد ، معالجة الصكوك ، والمستودع المؤتمت) والخدمات الواسعة (خدمات التعليم ، الوجبات السريعة) ؛ فهذه الخدمات بحاجة بدرجة أكبر إلى توازن العمليات والمراحل أكثر من الحاجة إلى الجدولة ، أما الخدمات غير النمطية كما هو الحال فى خدمات الزبون حسب الطلب مثل خدمات عقود النقل ، نداءات المسافات البعيدة ، والعلاج الصحى ، والخدمات المهنية مثل الاستشارات القانونية ، التشخيص الطبى ، والدروس الخصوصية . وفى الخدمات غير النمطية فإن الجدولة تكون مهمة سواء فى عملية التحميل أو تحديد التعاقب والتعجيل والرقابة على الخدمات وفى مثل هذه الخدمات فإن دورة الخدمة (الخدمة فى الخطوط الجوية من شراء بطاقة السفر حتى إقلاع الطائرة) ، تكون أسرع وأقصر من دورة الطلبية فى الإنتاج عادةً ؛ لهذا فإن الجدولة تكون أكثر سرعة واعتماداً على مهارة وخبرة وأسلوب العاملين حيث العاملون هم الضمانة فى الجدولة الآنية الكفئة .

لهذا ، فإن الخدمات حسب الطلب تكون بحاجة إلى الجدولة الآنية والفورية حيث التوقيت وتحسين جودة الخدمة من خلال خفض وقت الانتظار تمثل معايير مهمة فى الجدولة ، حيث نجد أن الخدمة الجيدة مثلاً فى المطاعم الحديثة تحدد وقتًا لانتظار الزبون كما فى تحديد فترة (١٠) دقائق ما بين وقت الطلب وتقديم الوجبة المطلوبة ، وعند التأخير بأكثر من (١٠) دقائق وأقل من (٢٠) دقيقة يقدم المطعم مشروبات مجانية للزبون ، وعند التأخير بأكثر من (٢٠) دقيقة يقدم المطعم وجبة مجانية ، وهذا ما اعتمدته مطاعم فرنستال (T.w. Firnstahl) : حيث يعتبر الإخفاق فى جدولة الخدمة إخفاقًا للنظام كله فى هذه المطاعم .

إن الجدولة فى قطاع الخدمات سوف تتطور بشكل كبير فى المستقبل وبما يساعد على تحقيق الكفاءة العالية فى استخدام الموارد وضمان رضا أفضل للزبون واستجابة أعلى لحاجاته من خلال :

أ- تحقيق التحميل الفعال للعاملين المكلفين فى تقديم الخدمة .

ب- التوقيت الفعال لتقديم الخدمة فى المواعيد المطلوبة .

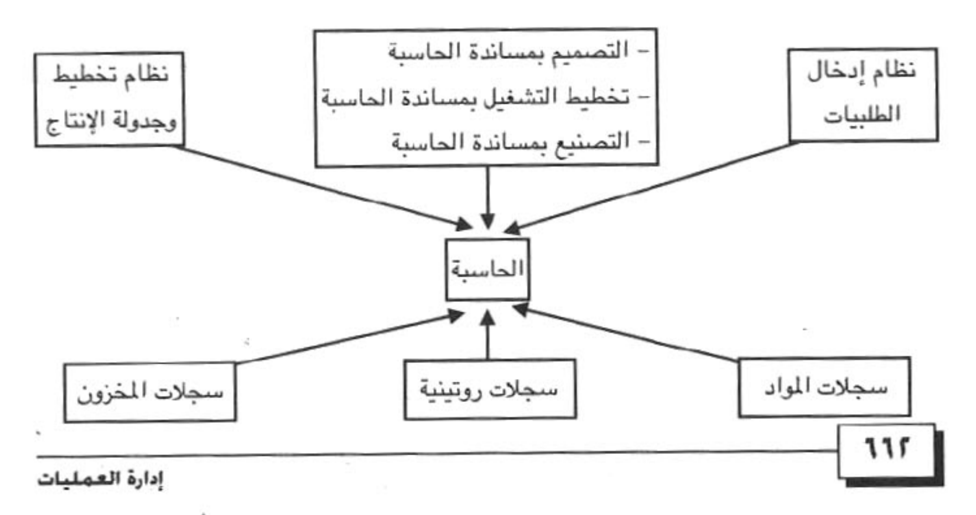
ج- الاستجابة السريعة والأفضل لحاجات الزبون والتطوير المطلوب فى جودة الخدمة بواسطة عاملين أعلى مهارة .

١٠-١١ - استخدام الحاسبة فى الجدولة :

لقد وفرت الحاسبة إمكانيات كبيرة ساعدت على استخدامها بشكل متزايد فى البيئة الصناعية ، وتمثل جدولة الإنتاج أحد المجالات الأساسية التى استخدمت فيها الحاسبة بكفاءة عالية ، سواء فى مرحلة التصميم للمنتجات الجديدة من خلال التصميم بمساندة الحاسبة (CAD) أو فى تحديد المسارات الكفئة للتشغيل من خلال تخطيط التشغيل بمساندة الحاسبة (CAPP) أو تنفيذ عمليات الإنتاج بكفاءة من خلال التصنيع بمساندة الحاسبة (CAM) إلخ ، وذلك بالنظر للقدرة الفائقة للحاسبة على تحقيق التنسيق الفعال فى بيئة الأعمال المعاصرة وتوفير المرونة العالية الضرورية فى هذه البيئة القائمة على المنافسة وأبرز معايير الأداء فيها الاستجابة السريعة للتغيرات فى السوق وحاجات الزبائن .

ولا شك فى أن الجدولة الفعالة هى التى تعمل بكفاءة فى ظل تنوع الإنتاج والطبيات ، وهذا يتطلب قدرة أكبر على تحديد الخبرة المتزايدة فى جدولة الإنتاج توفر القاعدة الضرورية للمعلومات لاستخدامها من خلال الحاسبة ، والشكل رقم (١٠-١٤) يوضح دور الحاسبة فى جدولة الإنتاج والربط بين الأنظمة الحديثة فى تخطيط وتصميم وجدولة الإنتاج التى تعتمد على الحاسبة ، بما يؤدى فى النتيجة إلى جدولة فعالة وكفئة .

الشكل رقم (١٠-١٤) : جدولة الإنتاج بمساعدة الحاسبة



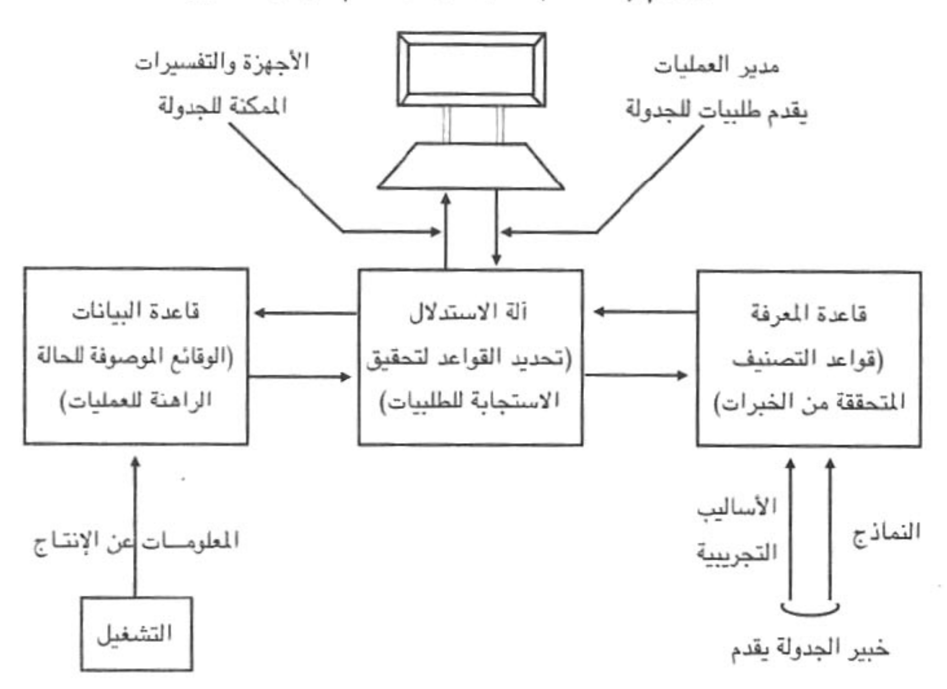
لا بد من الإشارة إلى أن تطور الحاسبة بقدر ما كان يتجه نحو الأجهزة الأصغر والأسرع والأقل كلفة ، فإنه كان يتجه أيضًا نحو تطوير البرمجيات لخدمة الأغراض والطلبيات المختلفة فى مجال العمليات ، من ذلك مجال تخطيط وجدولة الإنتاج .

ولقد قدم (رتيزمان وآخرون L.P.Ritzman) برنامج حاسبة لمحاكاة أنظمة التصنيع فى بيئات الإنتاج المختلفة .

أسلوب آخر فى الأفق من المحتمل أن يكون ذا فائدة كبيرة لمدير العمليات فى الجدولة ، وهو النظام الخبير (Expert System) وهو برنامج حاسبة يعتمد على الذكاء الصناعى لاتخاذ القرارات وحل المشكلات ، وفق قواعد تشابه الذكاء البشرى فى التعامل مع هذه المشكلات . والفكرة الكامنة وراء الأنظمة الخبيرة واستخدامها فى الجدولة تتمثل فى الحصول والترميز والتسخير للمعارف والخبرات المتاحة لدى الشخص الخبير (خبير الجدولة والتعاقب) ، والتى تكون قاعدة المعرفة للحاسبة بما فى ذلك عمليات الجدولة السابقة التى تشكل خيارات محتملة للجدولة اللاحقة .

إن التمثيل الإلكترونى للخبير فى هذا النظام يكون من خلال آلة الاستدلال ، وهذه الآلة تتزود بالمعلومات والتوجيهات من قاعدة المعرفة ؛ من أجل القيام بالجدولة المطلوبة . والشكل رقم (١٠-١٥) يظهر كيفية عمل النظام الخبير ، وباستخدام هذا النظام يمكن تحقيق أفضل توظيف للخبرات المتاحة فى مجال الجدولة فى بيئة الإنتاج المتغيرة التى تتعامل مع منتجات وطلبيات متنوعة ومتغيرة باستمرار فى الحجوم والخصائص والأسبقية وغيرها .

الشكل رقم (١٠-١٥) : كيف يعمل نظام الجدولة الخبير



١٠-١٢ - التجربة اليابانية فى مجال الجدولة :

إن التجربة اليابانية التى حققت نجاحًا كبيرًا فى الإنتاج فى البيئة الصناعية القائمة على التنافس كانت لها مساهمة جيدة فى مجال الجدولة ؛ وذلك لأن المدخل اليابانى وخلافًا للمدخل التقليدى حاول وبكفاءة عالية الجمع بين مزايا الحجم والتنوع ؛ فالمصنع اليابانى ينتج بكميات قليلة من كل منتوج فى اليوم أو الأسبوع ، إلا أن ذلك ضمن تشكيلة أو عائلة متجانسة من المنتجات التى تحتاج إلى نفس الخط الإنتاجى مع تعديلات قابلة للسيطرة السريعة وفترة إعداد الآلة للإنتاج قليلة جدًا ، ويمكن أن نشير إلى خصائص هذه التجربة في مجال الجدولة كالآتى :

أولاً : إن اليابانيين يميلون إلى التحميل المحدود كأسلوب فعال فى الجدولة الهادئة والمستقرة خلافاً للجدولة بتحميل زائد أو لا محدود كما فى المدخل التقليدى ؛ لهذا فإن المدخل اليابانى يعمل على أن يكون التحميل المخصص لمركز العمل متوازناً ، وفى أكثر الأحيان أقل من سعة مركز العمل بعيداً عن الطلبيات الساخنة أو الطارئة ، وهى حالات شائعة فى المصانع الأمريكية وفق ما يسمى بالأعمال والطلبيات الطارئة فى يوم الجمعة الساخن .

ثانياً : الاعتماد على مدخل الجدولة من الخلف مع تحقيق جدولة هادئة ومستقرة ، فرغم أن هذا المدخل يؤدى إلى جدولة غير مستقرة ؛ لعدم وجود وقت احتياطى للحوادث الطارئة كعطل الآلات أو غياب العمال أو تأخر التوريدات ، إلا أن اليابانيين يعالجون ذلك من خلال برنامج صيانة وقائية يعول عليها وعمال ذوى ولاء أكبر والتزام أعلى وموردين موثوقين ، وهم بهذا المدخل يعملون على خفض المخزون إلي الحد الأدني وأحياناً إلي الصفر .

ثالثاً : المرونة فى الجدولة : حيث إن اليابانيين يستخدمون عوامل كثيرة لتحقيق هذه المرونة ؛ فالإنتاج بحجوم صغيرة وبتشكيلة منتجات وكميات التوريد المتغيرة من طلبية لأخرى ، ولكنها ثابتة فى المدى الزمنى للبدء والانتهاء من الطلبية ، ونمط التنظيم الداخلى والعمال متعددو المهارات والآلات المتحركة موضعياً والمتعددة الأغراض ، وهذه كلها أدوات فى تحقيق هذه المرونة .

رابعاً : خفض وقت الانتظار : هذا يتحقق باستخدام وسائل مختلفة ؛ من أجل خفض فترة الحركة والإعداد للآلات والوقت المستغرق خلال التدفق ، وقد أشار (شونبرجر R.Jschonberger) فى حديثه عن وسائل النجاح اليابانى التى استفادت منها الشركات الأمريكية ، إلا أن استخدام هذه الوسائل قد أدى إلى تخفيض وقت الانتظار من (٢١) يوماً إلى يوم واحد ، ومسافة التدفق من (٢٦٢٠) قدماً إلى (١٧٣) قدماً فى شركة (أومارك Omark) فى أونتاريو .

الأسئلة :

١- ما هى خصائص نمط الإنتاج الواسع والإنتاج المتقطع ؟

٢- ما هى العمليات الأساسية للجدولة ، وما هى أهداف الجدولة ؟

٣- وضح كيف تؤثر السعة الثابتة والسعة المتغيرة على عملية تخطيط الإنتاج والجدولة .

٤- عرف ما يأتى : التحميل المحدود ، التحميل اللامحدود . وما هى مزايا وعيوب كل منها ؟

٥- ما هى قواعد الأسبقية ؟ حدد ستًا من هذه القواعد واستخداماتها فى الإنتاج والخدمات .

٦- كيف يمكن المفاضلة بين قواعد الأسبقية ؟

٧- متى يمكن اعتبار متوسط كلفة الإعداد للآلات معياراً مهمًا للمفاضلة بين قواعد الأسبقية ؟

٨- وضح لماذا تعتبر قاعدة النسبة الحرجة قاعدة مركبة .

٩- ما هى القاعدة الأفضل من قواعد الأسبقية فى الحالات الآتية :

أ - حاجة الإدارة لإنجاز الأعمال فى أقصر وقت .

ب - حاجة الإدارة لتحسين العدد المتوسط للأعمال .

ج - حاجة الإدارة للمحافظة على الزبون الذى يتعامل بأكثر من (١٠٪) من المجموع الكلى لطلبيات المصنع .

١٠- لماذا تعتبر قاعدة الزبون المفضّل ضرورية رغم أنها قد تتعارض مع القاعدة الأكثر استخداماً وعدالة : قاعدة يأتى أولاً يخدم أولاً ؟

١١- ما هى مزايا وعيوب قاعدة جونسون فى تحديد تعاقب الأعمال ؟

١٢- ما هى شروط استخدام طريقة التخصيص ، وما هى الحالات التى يمكن تجاوزها هذه الشروط بدون الإخلال بالطريقة ؟

١٣- ما هو الجدول الذى يمثل نقطة الأصل فى طريقة التخصيص بوصفها نموذجًا للبرمجة الخطية ذا أغراض خاصة .

١٤- كيف يمكن الاستفادة من الرقابة على المدخلات / المخرجات فى الرقابة على السعة ؟

١٥- ما هى الوسائل الأساسية فى خفض وقت الانتظار ؟

١٦- بين الجدولة من الخلف والجدولة إلى الأمام ؟ وما هى الظروف الملائمة لاستخدام كل منها ؟

١٧- ما هى الاختلافات الأساسية بين الخدمة والمنتوج (السلعة) ؟

١٨- كيف تؤثر الاختلافات بين الخدمة والمنتوج على عملية الجدولة ؟

١٩- ماذا نعنى بالجدولة الآنية أو الفورية فى الخدمات ؟

٢٠- بماذا تتميز التجربة اليابانية فى مجال الجدولة ، وما علاقة ذلك باستخدام السعة فى الإنتاج ؟

التمارين :

١- فى مصنع (أ ب حـ) كان الطلب المتوقع حسب الفصول كالآتى :

الفصل	الطلب (وحدة)
١	١٢٠
٢	١٤٠
٣	٢٠٠
٤	٢٢٠

المطلوب : أ - تحديد السعة فى المصنع إذا كان المصنع يعتمد على أسلوب التحميل المحدود .

ب - تحديد السعة إذا كان المصنع يعتمد على أسلوب التحميل اللامحدود .

٢- يقوم مصنع الأعمال الصناعية بإنتاج أحد المنتجات الذى يتكون من ثلاثة أجزاء وبعد دراسة وتحليل العمليات اللازمة لإنتاج الطلبية توفرت البيانات الآتية :

أ) شراء المواد المطلوبة للأجزاء يتطلب	(٣) أسابيع
ب) تصميم الأجزاء	(٤) أسابيع
جـ) إنتاج الجزء الأول	(٢) أسبوعان
د) إنتاج الجزء الثانى	(٤) أسابيع
هـ) إنتاج الجزء الثالث	(٤) أسابيع
و) فترة تجريب للجزء الثانى	(١) أسبوع
ز) التجميع	(٢) أسبوعان
ح) الفحص والتسليم	(١) أسبوع

المطلوب : أ - إعداد مخطط جانت لتخطيط العمليات الأساسية للطلبية .

ب- بعد التنفيذ توفرت البيانات الآتية : العمليات (ب) (جـ) (د) (هـ) نفذت حسب ما هو مخطط ، والعملية (أ) نفذت فى (٤) أسابيع ، (و) فى أسبوعين ، (ز) فى (٢,٥) أسبوع ، والفحص والتسليم أسبوعين ، فكم أسبوعاً سوف يتأخر المشروع ؟ وارسم ذلك بيانياً .

٣- فى الجدول أدناه خمسة أعمال وأوقات معالجتها فى ثلاثة مراكز عمل .

الأعمال	مركز العمل الأول (ساعة)	مركز العمل الثانى (ساعة)	مركز العمل الثالث (ساعة)
أ	٣٠	٨٠	٦٠
ب	٤٥	٦٠	٣٥
جـ	٢٥	٧٥	٥٠
د	٤٠	٦٥	٧٥
هـ	٥٥	٦٠	٨٠
السعة المتاحة ساعة	٤٠	١٣٠	١٢٠

المطلوب : أ - تخصيص الأعمال لمراكز العمل باستخدام طريقة الأرقام القياسية .
ب - تحديد الفائض والنقص فى السعة .

٤- الجدول الآتى يمثل كلف تخصيص ثلاثة أعمال على أربعة عمال :

	فوزى	سليم	أحمد	طارق
س	٥	٧	٨	٩
ص	٣	٨	٩	٦
ك	١٠	١٨	١٧	١٤

المطلوب : التخصيص الأمثل للأعمال الثلاثة على العمال الأربعة بأدنى كلفة باستخدام طريقة التخصيص .

٥- على افتراض أن الأرقام الواردة فى الجدول فى المثال (٤) تمثل الربح المتحقق من تخصيص الأعمال .

المطلوب : أ- تحديد التخصيص الأمثل للأعمال على العمال .
ب- هل هناك تخصيص أمثل ثانٍ ، ولماذا ؟

٦- فى الجدول الآتى خمسة أعمال وأوقات معالجتها ومواعيد أدائها .

الأعمال	وقت المعالجة (يوم)	تاريخ استلام الطلبية	تاريخ أداء الطلبية
و	٧	٤	١٢
ز	١٠	٨	٢٨
ح	٦	١٥	٢٢
ط	١٢	٣	١١
ى	١٥	١٠	١٥

المطلوب : أ- تحديد الأعمال باستخدام القواعد الآتية :

- قاعدة يأتى أولاً يخدم أولاً .
- وقت المعالجة الأقصر .
- وقت المعالجة الأطول .
- موعد الأداء .
- النسبة الحرجة .
- الخامل الأقل .
- العمل (ط) يخضع لقاعدة الطوارئ عندما تكون القاعدة المتبعة هى وقت المعالجة الأقصر .

ب - احتساب معايير الفاعلية (متوسط وقت المعالجة ، متوسط وقت التأخير ، العدد المتوسط للأعمال) للقواعد السبع المذكورة فى المطلوب (أ) .

جـ - استخدام قاعدة تقليل عدد الأعمال المتأخرة فى تحديد تعاقب الأعمال .

٧- تلقى مصنع القدس لصنع الشبابيك خمس طلبيات يجب معالجتها على آلتين (أ) و(ب) بالتعاقب كما مبين فى الجدول أدناه .

الطلبيات	الآلة (أ) ساعة	الآلة (ب) ساعة
٢٠٠١	٨	٥
٢٠٠٢	٦	١٢
٢٠٠٣	١٥	١١
٢٠٠٤	١٠	٦
٢٠٠٥	١٤	١٨

المطلوب : أ - تحديد تعاقب الأعمال على الآلتين (أ) و(ب) .

ب - تحديد وقت العمل الكلى والوقت العاطل للآلتين (أ) و(ب) .

المراجع :

أولا : الكتب :

(1) E Adam and R. J. Ebert, Production and Operations Management, Printice Hall of India Private Lmd, New Delhi, 1993.

(2) K. R. Baker, Introduction to Sequencing and Scheduling, John Willy and Sons, New York, 1984.

(3) D. Del Mar, Operations and Industrial Management, McGraw Hill Book Co. New York, 1989.

(4) J. B. Dilworth, Production and Operations Management. McGraw Hill Publishing Co. New York, 1989.

(5) J. Hiezer and B. Render, Production and Operations Management, Allan and Bacon, Inc. Boston, 1988.

(6) D. W. Mcleavey and S. L. Narasimhan, Production Planning and Inventory Control, Allan and Bacon, Inc. Boston, 1985.

(7) J. G. Monks, Operations Management : Theory and Problems, McGraw Hill Book Co. New York, 1987.

(8) R. J. Schonberger, World - Class Manufacturing, Free Press, New York, 1986.

(9) R. G. Schroeder, Operations Management : Decision Making in Operations Function, McGraw - Hill Book Co. New York, 1989.

(10) M. K. Starr, Managing Production and Operations, Printice Hall Inc. New Jersey, 1989.

(11) W. J. Stevenson, Production / Operations Management, Irwin, Homewood, Boston, 1990.

(12) M. A. Vandermbase and G. P. White , Operations Management , , West Publishing Co. America , 1991.

ثانيا : الدوريات :

(13) T. W. Firastahl, My Employees Are My Service Guarantee, HBR, July – Aug, 1989.

(14) J. K. Kaner and J. C. Hayya, Priority Dispatching with Operation Due Dates in a Job shop, Journal of Operations Management, May 1982 .

(15) S. S. Roach, Services Under Siege : The Restructure Imperative, HBR Sep-Oct, 1991.

الفصل الحادى عشر : نظام إنتاج الوقت المحدد

١١ – ١ – المدخل .
١١ – ٢ – التعريف بنظام الوقت المحدد .
١١ – ٣ – جذور نظام الوقت المحدد .
١١ – ٤ – عناصر نظام الوقت المحدد :

أولاً : إزالة الهدر .
ثانيـــاً : المخزون الأدنى .
ثالثـــاً : أحجام الوجبات الصغيرة .
رابعـــاً : خفض وقت الإعداد .
خامســاً : جدولة الإنتاج المستقرة .
سادســاً : المصنع البؤرى أو ذو الهدف المركز .
سابعـــاً : تكنولوجيا المجاميع .
ثامنـــاً : الصيانة الوقائية .
تاسعـــاً : العمال متعددو المهارات .
عاشـــراً : كانبان ، نظام السحب .
أحد عشـر : الشراء في نظام الوقت المحدد .
اثنا عشــر : الجدولة بدون سعة التحميل الزائد .
ثلاثة عشـر : حل المشكلات .
أربعة عشر : تحسين الجودة .
خمسة عشر : محاسبة الكلفة في نظام الوقت المحدد .

١١ – ٥ – نظام الوقت المحدد في قطاع الخدمات .
١١ – ٦ – مزايا تطبيق نظام الوقت المحدد .
١١ – ٧ – إمكانيات الاستفادة من نظام الوقت المحدد :
الأسئلة .
المراجع .

١١-١- المدخل :

يمكن اعتبار نظام إنتاج الوقت المحدد (Just-In-Time Production System) فلسفة جديدة تنطوى على مفاهيم وأساليب جديدة فى إدارة وأداء وظيفة العمليات على المستوى الإستراتيجى من أجل تحقيق الميزة التنافسية ، وعلى المستوى التشغيلى لتحقيق الكفاءة فى استخدام الموارد وجدولتها والاستجابة الفعالة للتغيرات فى الطلب وحاجات الزبون . ولقد حقق هذا النظام الذى يوصف بأنه نظام إنتاج تويوتا نتائج متميزة من قبل الشركات اليابانية ساهمت فى انتشاره السريع منذ بداية الثمانينيات إلا أن الحاجة تتزايد من أجل الدراسة والتعمق فى هذا النظام ؛ لأنه يفسر جوانب مهمة من عوامل التفوق اليابانى وطريقة التفكير والمعالجة اليابانية لعمليات أساسية فى الشركات الحديثة : كالتوريد ، المخزون ، التصميم ، الإنتاج ، السيطرة النوعية ، الشراء ، التوزيع ، والعلاقات مع الموردين والعاملين وغير ذلك .

ولاشك فى أن الأهمية الكبيرة التى يحتلها نظام الوقت المحدد (JIT) وعناصره الأساسية تتمثل فى المفاهيم والأساليب الجديدة التى تجاوزت الكثير من المفاهيم والأساليب التقليدية فى الإنتاج التى كانت إلى وقت قريب تمثل مبادئ وقواعد صلبة لايمكن مناقشتها فى إدارة العمليات ، ولكن مع نظام (JIT) فإن هذه المبادئ والقواعد لم تعد تمتلك ذلك القدر من الصحة والأساس المنطقى والمزايا فى التطبيق الذى يؤهلها للاستمرار فترة أخرى فى ممارسة إدارة العمليات ، فما هو نظام إنتاج الوقت المحدد ؟ وما هى جذوره ؟ وما هى مكوناته وعناصره الأساسية ؟

١١-٢- التعريف بنظام الوقت المحدد :

لقد تم تطوير نظام الوقت المحدد (JIT) فى شركة تويوتا اليابانية فى الستينيات من قبل (تايجى أوهنو Taiichi Ohno) الذى يعمل نائبًا لرئيس الإنتاج فى الشركة ، وكان تطبيقه لأول مرة فى الولايات المتحدة عام ١٩٨٠م فى مصنع كاواسكى لنكولن نيارسكا ، وخلال سنوات قليلة أخذت تطبقه أفضل الشركات الأمريكية العاملة فى صناعة السيارات والإلكترونيات ؛ لينتشر بعد ذلك فى أوربا وأمريكا الجنوبية ؛ لتتسع

شعبية هذا النظام باستمرار بعد أن حظى باعتراف واسع بكفاءته فى إزالة أشكال الهدر ، خفض المخزون ، جدولة الإنتاج ، والجودة .. إلخ .

وبالنظر لأهمية نظام (JIT) وتعدد عناصره المكونة ؛ فإن النظرة إليه تتباين بشكل كبير ؛ فالبعض يعتبره نظاماً للسيطرة على المخزون ؛ لأنه يحقق سيطرة محكمة على المخزون ، ويذهب (جوزف مونكس J.G. Monks) إلى أبعد من هذا مقترحاً تسمية أخرى للنظام هى تقييد المخزون ، ومع أهمية معالجة المخزون فى هذا النظام إلا أن المخزون لا يحكى القصة كلها كما يقال ، وهذا (وليم ستيفسن W.J.Stevenson) يقدم نظرة أوسع مشيراً إلى أن نظام (JIT) هو "نظام الإنتاج الذى تتم فيه عمليات وحركة المواد والمنتجات ... إلخ عندما تكون مطلوبة ؛ فتكون النتيجة هى مخزون قليل جداً وإنتاج كبير جداً وفق نمط الإنتاج من اليد إلى الفم" .

وفى نفس الاتجاه يؤكد (شرويدر R.G. Schroeder) على أن (JIT) يشير إلى أبعد من السيطرة على المخزون ؛ ليشمل نظام الإنتاج كله ، حيث يتم العمل فيه على إزالة كل مصادر الهدر ، وأى نشاط لا يؤدى إلى إضافة قيمة فى الإنتاج من خلال توفير الجزء المناسب فى المكان المناسب والوقت المناسب ، أى الإنتاج حسب الحاجة وفى الوقت المحدد ، خلافاً للمدخل التقليدى الذى ينتج وفق الحالة المحددة ، أى حسب حالة الإنتاج وليس حسب الحاجة أو الطلب على الإنتاج فى الوقت المحدد .

أما البعض الآخر فيربط (JIT) بعامل الوقت ؛ ففى دراسة نشرت فى مجلة الشراء الأمريكية تم تعريف (JIT) بأنه "الوصول اليوم والاستخدام غداً ، ولكن هذا ليس الهدف ، وإنما اعتبار الوقت هو الأساس فى بناء النظام الجديد" . ومع أن نظام (JIT) يرتكز فى جانب منه على الوقت فى إزالة الهدر سواء فى الإنتاج قبل الأوان أو الخزن أو فى طول وقت التوريد ، أو وقت الإعداد ، إلا أن هذا النظام يتجاوز الوقت إلى عوامل أخرى لا تقل أهمية عنه كما سنوضح ذلك بعد قليل .

وأخيراً نشير إلى ما أكده (إدور هاى E.J. Hay) بأن نظام (JIT) الذى شاع استخدامه فى بداية الثمانينيات بين الصناعيين الغربيين ، قد ظل تسمية غامضة ولا يعرف

بالضبط ماذا يعنى ؛ فالكثير يعتقد أن (JIT) هو " نظام أو أداة بارعة لحل مشكلة أو تحقيق هدف يتعلق بخفض المخزون ودفع المسؤولية إلى الموردين ، وأحياناً هو أداة للتحديد السريع للصنع غير الفعال ، والحقيقة أن نظام (JIT) هو أكثر من ذلك ، إنه فلسفة للصنع أو فلسفة لإزالة الهدر فى عملية الإنتاج ، وهذه الفلسفة لا يمكن أن تجزئ كما يفعل الكثيرون من رجال الأعمال فى الغرب . وكما نرى فإن نظام (JIT) بقدر ما يمثل فلسفة للصنع أو الإنتاج تشتمل على عناصر ومكونات أساسية قابلة للتطبيق فى بيئيات أخرى فإنه يتضمن خصائص متميزة ترتبط بجذوره اليابانية الخاصة ، وهذا يفسر ما أشار إليه (هاى E.J. Hay) نفسه فى أن الكثير يسأل ويقول "أنا أعرف كل شيء عن فلسفة (JIT) والنظريات التى تكمن وراءها ، ولكن سؤالى هو كيف أطبقها فى شركتى ؟"

ورغم الكثير من هذه الأسئلة التى تطرح هنا وهناك ، فإن تطبيقات (JIT) خارج اليابان حققت نتائج إيجابية مهمة ؛ مما يؤكد على أهمية عناصرها الأساسية التى تتسم بقابلية عالية للاستخدام والتوظيف ، ويمكن أن نشير إلى أهم هذه النتائج : زيادة فى إنتاجية العمل المباشر وغير المباشر بنسبة (٢٠-٥٠٪) ، زيادة فى استغلال سعة المعدات بنسبة (٣٠-٤٠٪) ، خفض وقت التحميل الصناعى (٨٠-٩٠٪) ، خفض تكلفة الإخفاق (خردة ، إعادة عمل) بنسبة (٤٠-٥٠٪) خفض كلفة شراء المواد (٨-١٥٪) خفض كمية المخزون (٥٠-٩٠٪) ، تقليص احتياجات الموقع (٣٠-٤٠٪) .

١١-٣- جذور نظام الوقت المحدد :

إن البحث فى جذور نظام (JIT) يمكن أن يكشف عن خصائص هذا النظام من حيث ارتباطه بالأسباب المؤدية إلى ظهوره خاصة أن بعض الشركات غير اليابانية التى طبقت هذا النظام واجهت صعوبات كثيرة ؛ لأن بعض خصائص النظام هى خصائص بيئية أكثر من كونها مفاهيم وأساليب علمية قابلة للتجريد والتطبيق العام ، بغض النظر عن ظروف وخصائص البيئة الملائمة لتطبيقها .

لقد كان نشوء نظام (JIT) يرتبط باليابان بوصفه بلداً يتسم بالحيز الكافى المحدد والاكتظاظ الكافى والموارد الطبيعية المحددة ؛ لهذا فقد طور اليابانيون نظرتهم إلى

المخزون (لأنه هدر فى المكان وتعطل فى موارد ثمينة) وإلى الإنتاج حيث الإنتاج بوجبات صغيرة يؤدى إلى خفض المخزون من المواد الأولية والمواد تحت الصنع والمنتجات ، وما يرتبط بهما من عوامل أساسية تؤدى إلى جعل النظام مدخلاً فعالاً لإزالة الهدر ومصادره المختلفة ، وأى شئ لا يؤدى إلى القيمة المضافة فى الإنتاج . والواقع أن الكثير من عناصر هذا النظام تمثل طرحًا جديداً وفهمًا جديداً ساهمت فى تحقيقها بكفاءة البيئة اليابانية التى تستجيب بيسر لتطبيق هذه العناصر .

ولابد من أن نشير إلى أن هناك وجهتى نظر مطروحتين فى مجال الكشف عن جذور هذا النظام هما :

- النظرة الأولى : ترى أن نظام (JIT) الذى يسميه (تايجى أوهنو T. Ohno) نفسه نظام إنتاج تويوتا نظام يابانى ترتبط جذوره بالبيئة اليابانية وخصائصها المتميزة ؛ فقد طورته شركة تويوتا فى الستينيات (البعض يرى أنه طبق قبل ذلك بوقت طويل فى صناعة بناء السفن اليابانية) ، وأن تطبيقاته الناجحة فى اليابان والنتائج المحددة لتطبيقاته خارجها يؤكد أهمية البيئة اليابانية فى نشأته ونجاحه .

- النظرة الثانية : ترى أن هذا النظام بالأصل ليس يابانيًا وإنما أمريكى ؛ حيث تشير إحدى الدراسات إلى أن مصنع السيارات ريفر روج لـ(هنرى فورى H.Ford) فى مشيجان قام خلال العشرينيات ببناء مجمع معقد ترتبط به مصانع مختلفة بشكل متكامل لصناعة السيارات كنموذج لهذا النظام ، وأن أنصار هذا الاتجاه يرون أن الإنجاز الكبير لنظام (JIT) فى أغلب مفاهيمه اليابانية جاء من الولايات المتحدة . والواقع أن اليابانيين لا ينكرون الاستفادة من طرق الإدارة الأمريكية فرئيس شركة سونى يرى أن شركته تطبق (٦٠٪) من طرق الإدارة اليابانية و(٤٠٪) من طرق الإدارة الأمريكية ، ولكن هذا المزيج الإدارى عبر عنه (تاكوفوجيادا) من شركة هوندا اليابانية حين قال "إن الإدارتين اليابانية والأمريكية متشابهتان بنسبة (٩٥٪) ، ولكنهما تختلفان فى كافة الجوانب الهامة" .

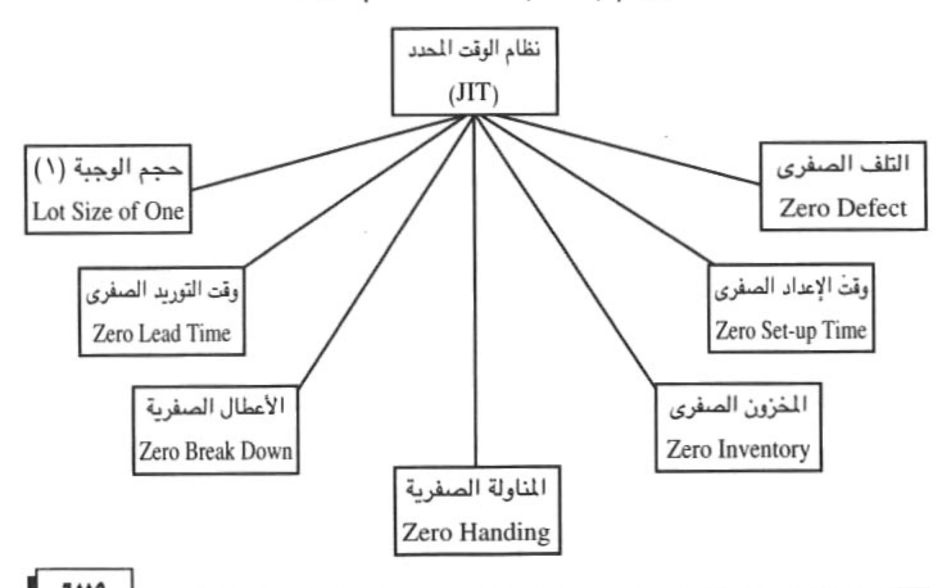
كما نرى فإن النظرة الأخيرة تبالغ فى تأثير طرق الإدارة الأمريكية ، خاصة أن ما جاء به نظام (JIT) لازال ميزة فى الشركات اليابانية مقارنة بالشركات الأمريكية حتى تلك التى أخذت فى تطبيق هذا النظام .

١١-٤- عناصر نظام الوقت المحدد :

لاشك أن نظامًا مهمًا وكبيرًا مثل نظام الوقت المحدد لا يمكن تحديد عناصره بشكل نهائي وكامل ، لاسيما أنه لا يزال قيد الدراسة والتقييم ؛ لهذا نجد أن الذين درسوا وحللوا هذا النظام لازالوا غير متفقين على التحديد الدقيق والنهائي لعناصره الأساسية رغم اتفاقهم على عدد منها . ويمكن بشكل أساسي أن نحدد أهداف نظام (JIT) ، وهذه الأهداف تمثل في حقيقتها الحالة المثلى التي يسعى إلى تحقيقها هذا النظام من خلال عناصره ، والشكل رقم (١١ - ١) يوضح هذه الأهداف .

ويرى (هاى E.J. Hay) أن دراسة هذا النظام تكشف عن (١٤) نقطة أساسية تمثل ما يمكن تسميته بالمدخل الياباني في الإنتاجية ، وأن سبعًا منها تتعلق بالعاملين والسبع الأخرى تتعلق بإزالة الهدر ، إلا أنه يشير أيضًا إلى أن الدراسة العميقة لتحديد ما هو ملائم للسياق الغربي تساعد على التوصل إلى سبع نقاط تشكل العناصر الجوهرية لما يدعى الآن بنظام (JIT) .

الشكل رقم (١١-١) : أهداف نظام الوقت المحدد



والواقع أن الاختلاف الكبير فى عدد العناصر الأساسية لنظام (JIT) يمكن إرجاعه إلى درجة التعمق فى هذا النظام فى البيئة اليابانية من جهة وإلى التباين فى الرأى فيما هو أساس أو ثانوى من عناصر النظام ؛ فالبعض من المعنيين يعتبر بعض العناصر أساسًا فى حين يعتبره البعض الآخر ثانويًا من جهة أخرى . وسنحاول أن نعرض العناصر الأساسية المكونة لنظام (JIT) محاولين تقديم الوضوح اللازم لهذه العناصر : من أجل الاحاطة المطلوبة بهذا النظام الذى لازال بعيدًا عن المعالجة والدراسة المعقدة فى الإدارة العربية .

أولا : إزالة الهدر (Eliminating Waste)

إن إزالة الهدر هو أساس نظام (JIT) فى جميع عناصره الأخرى ؛ لأن هذا النظام يهدف إلى إزالة كل أشكال الهدر سواء ما كان يصنف هدرًا بالمفهوم التقليدى كالوقت ورأس المال العاطلين بشكل غير مبرر اقتصاديًا ، والتلف والعطلات والسعة غير المستغلة فى الآلة أو الأرض وغيرها ، أو ما كان خارج المفهوم التقليدى . والواقع أن نظام (JIT) يتبنى مفهومًا خاصًا للقيمة المضافة ؛ فتعريف الهدر حسب ما تراه شركة تويوتا المكتشف الأصلى لنظام (JIT) هو : أى شىء آخر من غير المواد الدنيا المطلقة من المعدات والأجزاء وأوقات العمل الجوهرية فى الإنتاج . ولكن ماذا تعنى شركة تويوتا بالموارد الدنيا المطلقة ؟ والإجابة تميز استخدام القيمة المضافة فى نظام (JIT) عنه فى المفهوم الغربى . فحسب المفهوم الغربى ، فإن رموز الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين (ASME) هى : العملية ، النقل ، التأخير ، الفحص ، الخزن – تعتبر عناصر أساسية فى مخططات الانسياب ، إلا أنها فى نظام (JIT) تعتبر جميعها هدرًا باستثناء العملية ؛ لأن العناصر الأربعة الأخرى ليست من الموارد الدنيا المطلقة ؛ لهذا فإن عدَّ وإحصاء المواد والأجزاء والمنتجات لا يضيف قيمة ، وتحريكها من مكان لآخر لا يضيف قيمة (بل إنه قد سببًا فى فقده أو تضرره) ، وخزن الشىء لا يضيف قيمة (بل إنه يؤدى إلى تحمل تكلفة الاحتفاظ : لأن القيمة المضافة تتحقق فقط فى العملية التى تؤدى إلى التغيير المادى فى المنتوج ، وبالتالى فإن الفحص لا يضيف قيمة ، وإنما هو يخبر أن خطوة فائض القيمة (العملية) قد تحققت ولكن نشاط الفحص نفسه لا يضيف قيمة .

هكذا يساعد نظام (JIT) على إزالة الخطوات التى لا تحقق قيمة مضاعفة فى الصناعة والخدمات والمكاتب . والجدول رقم (١١ – ٢) يتضمن بيانات عن سبع صناعات ، ومجموع الخطوات المتبعة فيها ، وعدد خطوات القيمة المضافة ونسبتها إلى مجموع الخطوات . إن الخطوات المتبعة فى الإنتاج فى هذه الصناعات تعتبر مقبولة وفق المفهوم الغربى ؛ لأنها تقترن بكل عملية إنتاجية . إلا أنها فى نظام (JIT) تمثل أشكالاً من الهدر لا يمكن قبولها ولابد من خفضها إلى الحد الأدنى . ولعل من المفيد أن نقدم أمثلة عن إزالة الهدر أو الإنتاج بالموارد الدنيا المطلقة : عدم تخصيص موقع أو آلات أو عاملين من أجل إعادة العمل ، لا مخزون أمان ، أقصر وقت إعداد ممكن ، مورد واحد إذا كان لهذا المورد سعة كافية ، عدم استخدام العاملين فى أعمال لا تؤدى إلى قيمة مضافة .. إلخ .

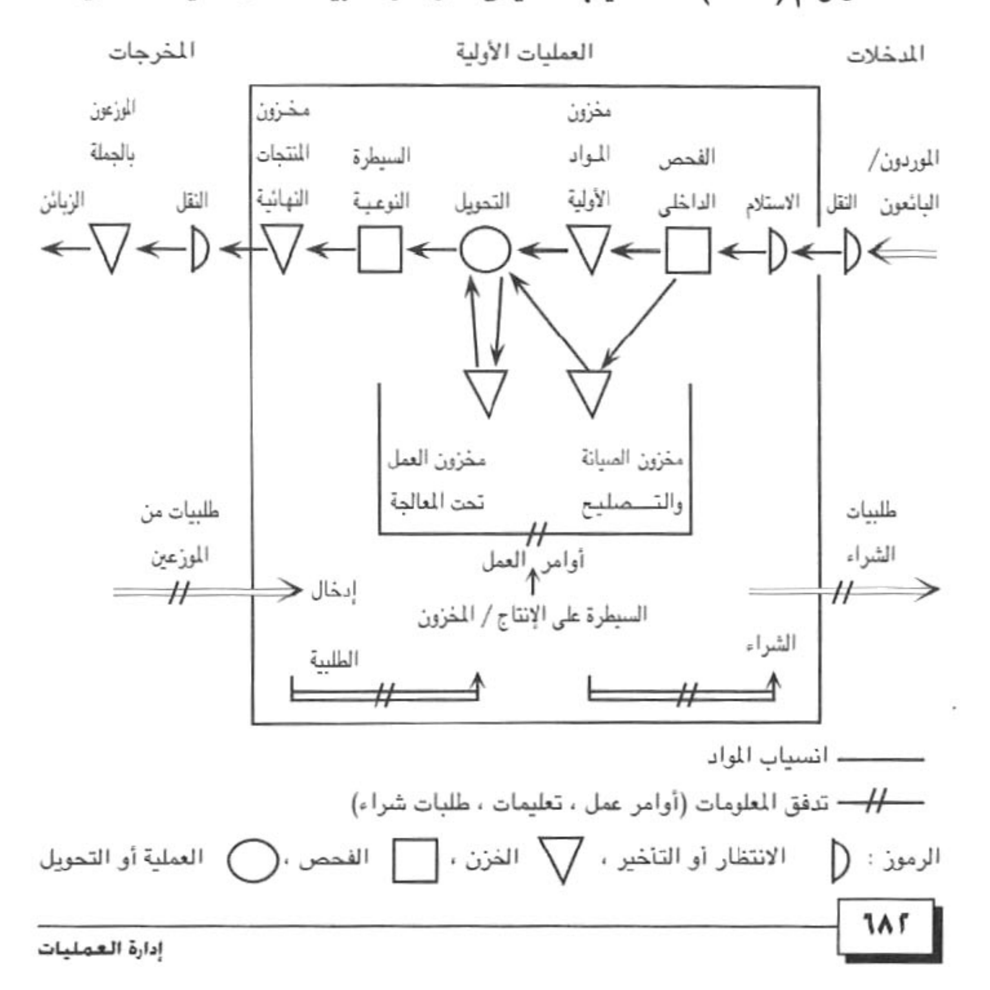
الجدول رقم (١١–٢) : أنشطة القيمة المضافة فى سبع صناعات

الصناعة	مجموع الخطوات	عدد خطوات القيمة المضافة	خطوات القيمة المضافة (٪)
الزجاج (أدوات المائدة)	٧٢	٦	٨
الأغذية	٣٧	٤	١١
النسيج (صناعة الغزل والنسيج)	١٠٥	١١	١١
المعدنية (العجلات الإسطوانية)	١٨٧	١٣	٧
الإلكترونية (تجميع الأسلاك)	٢٣٩	١٩	٨
المنتجات الاستهلاكية	١٠٥	١١	١١
الأنشطة السائدة (إدخال الأوامر)	٩٨	١٥	١٥

إن نظام (JIT) يكشف بكفاءة عن أشكال الهدر المقبولة حتى الآن فى الدخل التقليدى ويضع إدارة الإنتاج / العمليات أمام رؤية جديدة للهدر ؛ لأنه يميز ما بين عمليات الإنتاج والتحويل التى هى عمليات تخلق القيمة المضافة وما عداها يمثل هدراً ،

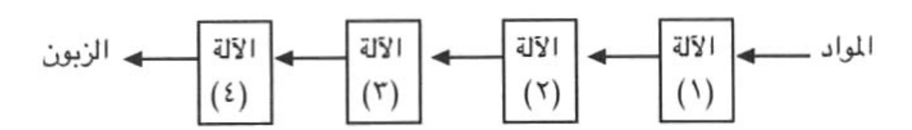
أى عمليات بدون قيمة مضافة ، بل إنها تقلص من القيمة المضافة المتحققة فى العمليات الأولى بعد أن تحمل عمليات الإنتاج والتحويل كلفة مضافة . إن الشكل رقم (١١ - ٣) يمثل الرؤية التقليدية للمواد وحركتها فى نظام الإنتاج ؛ حيث يلاحظ أن المواد الأولية الداخلة تتأخر عند الاستلام والإدخال فى الفحص للتأكد من مطابقة المواصفات ، والمواد تحت الصنع أو العمل فى التشغيل الذى يتأخر فى مراكز العمل المتعددة ، والسلع النهائية تتأخر فى مخزون السلع النهائية .

الشكل رقم (١١-٣) : الانسياب التقليدى للمواد والطلبيات خلال عمليات التحويل



إن كل عمليات الخزن ، الانتظار والتأخير ، والفحص تمثل فرصًا ممكنة لإزالة الهدر فى (JIT) ، وهذه كلها تتم إزالتها مع نظام (JIT) ؛ حيث إن انسياب المواد والأجزاء والمنتجات فيه تتجنب عمليات الخزن والانتظار وكذلك الفحص الذى يصبح فى هذا النظام من مسؤولية كل عامل من عمال الإنتاج ، ففى خط الإنتاج فإن انسياب المواد يتمثل فى الشكل رقم (١١-٤) ، حيث نلاحظ اختفاء مخزون الأمان للمواد والأجزاء والمنتجات النهائية ، وأن دورة الإنتاج تكون بدون أنشطة غير فعالة لا تضيف قيمة ، وإنما انسيابًا فعالاً من المورد إلى الزبون .

الشكل رقم (١١-٤) : انسياب المواد فى نظام (JIT)



ثانيا : المخزون الأدنى (Minimum Inventory)

يعتبر المخزون (Inventory) واحداً من الموضوعات الأساسية التى تواجهها الإدارة فى المنظمات المختلفة . وهذا لا يعود فقط إلى الوظائف المهمة التى يضطلع بها المخزون من أجل استمرار الإنتاج ، وإنما أيضًا إلى حقيقة ما يمثله المخزون من موارد كبيرة وكلفة عالية ينبغى أن تستخدم بكفاءة عالية ؛ فقيمة المخزون تصل بالمتوسط فى هذه المنظمات إلى (٢٥٪) من مجموع رأس المال المستثمر ، كما تتراوح هذه القيمة فى الشركات الصناعية من (٩٪) إلى (٥٥٪) ؛ ولأن المخزون يؤدى إلى تجميد الموارد ورأس المال المستثمر فى الأرض والأبنية والمعدات المخزنية والمواد المخزونة ؛ فإن إدارة المخزون تعمل على خفض المخزون من أجل خفض كلفته .

وهذه النظرة القائمة على خفض المخزون لم تكن مقبولة فى السابق ؛ فحتى بداية هذا القرن كان المخزون هو مقياس الثروة والقوة بالنسبة للبلدان والمنظمات ، وكانت المستودعات الكبيرة مؤشراً على القوة الاقتصادية ؛ لهذا كانت القاعدة الذهبية هى (اجعل المخزون أكبر ما يمكن) . وإذا كان هذا الاتجاه فى التعامل مع المخزون يكشف

عن ظروف عدم الاستقرار ؛ فإنه يكشف أيضًا عن مراحل تطوير إدارة المخزون فى هذا المجال : فمع ظهور مخاطر ومساوئ الاحتفاظ بالمخزون الكبير بدأ الانتقال إلى نظرة جديدة تقوم على خفض المخزون إلى الحد الأدنى المقبول لخفض المخاطر المترافقة مع مخزون بكميات كبيرة كما هو الحال فى مخاطر التلف والتقادم والسرقة والتغيرات الحادة فى الأسعار وتجميد رأس المال وتدنى سرعة دورانه وتحمل كلف خدمة المخزون والاحتفاظ به . وهذه المخاطر حفزت على البحث عن أساليب وطرق للتوصل إلى الكمية المثلى للمخزون التى تحقق التوازن ما بين منافع المخزون ومساوئه ، وقد تحقق ذلك من خلال نموذج كمية الطلبية الاقتصادية (EOQ) الذى توصل إليه (هاريس F.W. Harris) عام ١٩١٥ ؛ ليبدأ فى العشرينيات من هذا القرن الاتجاه الجديد القائم على أن المخزون هو مقبرة الأعمال ، وأن الفائض فى المخزون هو السبب الأساسى لفشل شركات الأعمال ، وبالنتيجة فإن الشركات الحديثة أخذت تطور موقفًا واضحًا ضد زيادة المخزون والعمل ؛ من أجل التوصل إلى ظاهرة معروفة هى الشراء من اليد إلى الفم ، وهذا يعنى الاحتفاظ بالمخزون "صفرًا" أو أقرب إلى الصفر .

ومع أن المخزون لازال يمثل حقيقة قائمة فى نظام المنظمات المختلفة إلا أن التطور الكبير حصل فى اتجاهين الاول يتمثل فى تطوير نماذج المخزون وهى نماذج كمية الطلبية الاقتصادية ونقطة إعادة الطلب . إن هذه النماذج تنطلق من أن المخزون ضرورى وأن هناك مستوى مثاليًا من المخزون تتساوى عنده كلفة الحيازة أو الاحتفاظ مع كلفة الطلبية (مما يؤدى إلى أدنى كلفة كلية للمخزون) ، أما الثانى يتمثل فى الاتجاه المتعلق بالتخلص من المخزون ، أى المخزون الصفرى ويمثل هذا الاتجاه نظام الوقت المحدد (JIT) .

ومع نظام (JIT) فإن نماذج المخزون لاتعود مقبولة ، فمن حيث المبدأ لا يوجد مخزون الأمان كما أن المخزون عند كمية الطلبية الاقتصادية (التى عندما تتساوى كلفة الاحتفاظ بالمخزون مع كلفة الطلبية) لا يعود مقبولاً ، ويجب أن ينخفض إلى أدنى حد ممكن ، حيث تكون كمية الطلبية التى توضع اليوم تكفى لاستهلاك اليوم التالى مع خفض كلفة الطلبية إلى أدنى مستوى لها بما فى ذلك كلفة نقل الطلبية بالاعتماد على

موردين قرب المصنع ؛ فشركة تويوتا يقع (٨٠٪) من مجموع المجهزين (أى ٢٢٠ مورداً من ٢٥٠ مورداً) الذين ترتبط بهم بعلاقات طويلة الأمد على بعد ساعة واحدة من مصانعها .

ولتوضيح هذه الجوانب التى تحدثنا عنها لنفرض أن أحد المصانع توفرت فيه البيانات الآتية :

الطلب السنوى على مادة أولية = ط = ٥٠٠٠٠ وحدة .

كلفة الحيازة للوحدة المخزونة فى السنة = ك ح = ١ دينار .

كلفة الطلبية الواحدة = ك ل = ٤٠ ديناراً ، عدد أيام العمل فى السنة = ٢٥٠ يوماً .

كمية الطلبية الاقتصادية = س = ؟ .

وفق نموذج كمية الطلبية الاقتصادية ، ويمكن احتساب (س) باستخدام الصيغة الآتية :

$$\text{س} = \sqrt{\frac{\text{٢ ط (ك ل)}}{\text{ك ح}}}$$

$$= \sqrt{\frac{\text{٢} \times \text{٥٠٠٠٠ (٤٠)}}{\text{١}}}$$

$$= \sqrt{\text{٤٠٠٠٠٠٠}}$$

$= ٢٠٠٠$ وحدة .

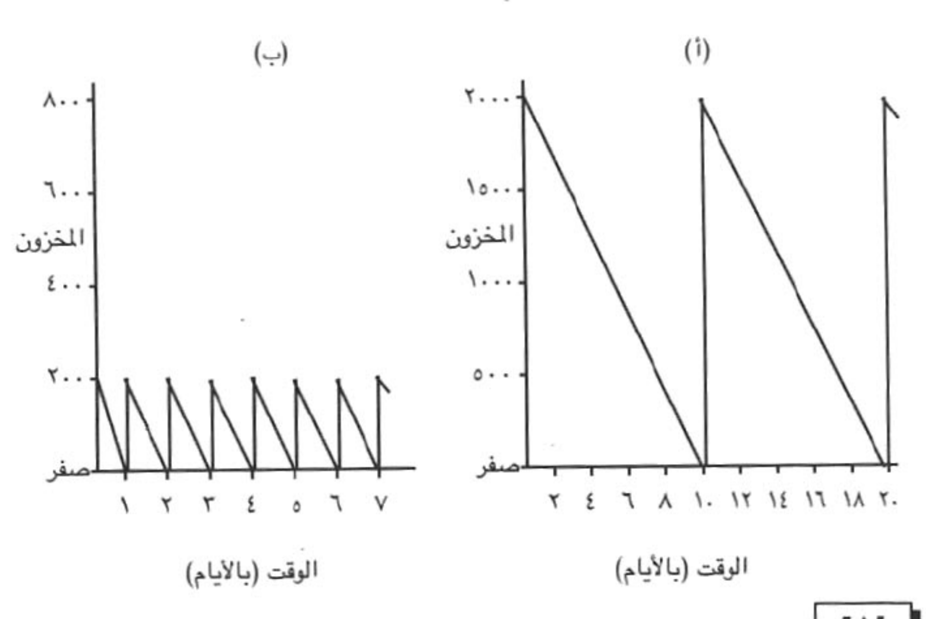
وحيث إن معدل الاستهلاك اليومى يمكن احتسابه وفق الصيغة الآتية :

$$\text{معدل الاستهلاك اليومى} = \frac{\text{ط}}{\text{عدد أيام العمل}}$$

$$= \frac{\text{٥٠٠٠٠}}{\text{٢٥٠}} = \text{٢٠٠ وحدة .}$$

لذا فإن كمية الطلبية الاقتصادية فى هذا النموذج تستهلك فى(١٠) أيام عمل (٢٠٠٠/٢٠٠) والشكل رقم (١١-٥ -أ) يوضح ذلك ، فى حين أن نظام (JIT) يسعى إلى تقليص كمية الطلبية بما يكفى أقل فترة ممكنة (الحالة المثالية عندما تكون الطلبية كافية ليوم واحد) ، وبالتالى فإن هذا النظام بقدر ما يحقق الوجبات الصغيرة فى الإنتاج ، فإنه يستخدم ما يمكن تسميته بالطلبيات الصغيرة والشكل رقم (١١-٥-ب) يوضح ذلك ، مع ملاحظة مهمة هى أن طلبيات صغيرة متعددة قد تزيد كلف الطلبية السنوية وفق نماذج المخزون ، ولكن وفق (JIT) فإن أسلوب الطلبيات الصغيرة يقترن بخفض كلفة الطلبية الواحدة بشكل كبير من خلال تقليص العمل الورقى الإدارى والمحاسبى الخاص بوضع الطلبية ؛ وكذلك تقليص كلفة نقل الطلبية وذلك باعتماد موردين يقعون على مقربة من المصنع .

الشكل رقم (١١-٥) : كمية الطلبية الاقتصادية والطلبية الصغيرة فى (JIT)



(أ) : كمية الطلبية الاقتصادية (٢٠٠٠) وحدة تكفى لعشرة أيام .

متوسط المخزون = $\frac{٢٠٠٠}{٢}$ = ١٠٠٠ وحدة .

(ب) : طلبية صغيرة (٢٠٠) تكفى ليوم واحد .

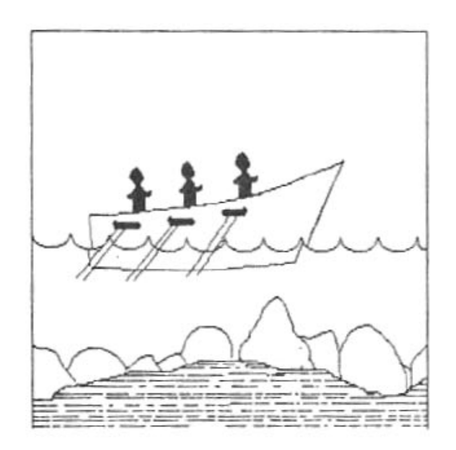
متوسط المخزون = $\frac{٢٠٠}{٢}$ = ١٠٠ وحدة .

ومن جانب مهم آخر فإن نظام (JIT) يتعامل مع المخزون على أساس جديد فكما يشير (ستيفنسن W.J. Stevenson) فإن للمخزون الأدنى ثلاثة جوانب : جانبان منها يمثلان ميزتين فى (JIT) ، والثالث يعكس حاجة أساسية لهذا النظام ، والميزة الأولى تتمثل فى أن المخزون الأدنى يعنى الاقتصاد بالحيز المكافئ (وهذا الجانب ينظر له بجدية عالية فى اليابان) فى المستودعات وفى نطاق العمل ، إضافة إلى الاقتصاد بالموارد المستثمرة فى المخزون العاطل ، أما الميزة الثانية فهى أكثر حذقًا ، وتمثل جانبًا أساسيًا فى فلسفة (JIT) : فالمخزون الذى يتسم بكونه مخفف الصدمات يعمل على تغطية المشكلات التى لن تحل أبدًا ؛ لأن وجود المخزون يقلل من خطورتها ويمنع بروزها من أجل حلها بشكل نهائى ؛ فالآلة التى تتعطل مرتين أو ثلاث مرات كل يوم (١١-١٥) دقيقة فى كل مرة ، قد تكون بهذه الحالة منذ وقت طويل والإدارة أنشأت مخزونًا احتياطيًا (مصدًا) لمعالجة التوقف فى الآلة ؛ مما جعل العامل وكذلك طاقم الصيانة لا يهتمان بإزالة أسباب التوقف والتعطل ؛ بسبب وجود مخفف الصدمات أو المخزون الاحتياطى الذى يقلل من وقع المشكلة . والواقع أن استخدام المخزون كحل فى مثل هذه الحالات يؤدى إلى زيادة حجم المخزون فى حين أن الحل الأفضل هو البحث عن أسبابها لإزالتها .

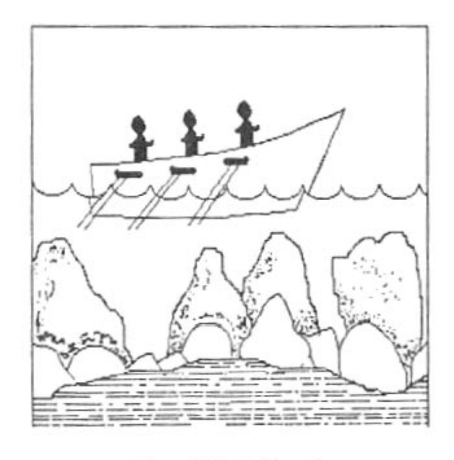
ولعل التشبيه الطريف (الصخور والمياه) الذى يتحدث عنه اليابانيون يوضح أبعاد هذه الميزة ؛ فالمياه العالية (المخزون بكمية كبيرة) تخفى وتغطى الصخور الكبيرة (المشكلات الخطيرة فى الإنتاج) ، فى حين أن خفض المياه يؤدى إلى ظهور وانكشاف

الصخور (المشكلات) ؛ مما يسهل رؤيتها والعمل على معالجتها وإزالتها لتظل الصخور الصغيرة وحدها هى التى يمكن أن تخفيها المياه المنخفضة (التخزين الأدنى) والشكل رقم (١١-٦) يوضح هذا التشبيه .

الشكل رقم (١١-٦) : المخزون (المياه) والصخور (المشكلات)



إزالة الصخور الكبيرة عند خفض مستوى المياه (المخزون)



مستوى المياه العالى يخفى الصخور الكبيرة (المشكلات)

أما الجانب الثالث فهو أن المخزون الأدنى يعكس حاجة أساسية فى نظام (JIT) الذى لن يكون قادراً على العمل بكفاءة إلا بعد أن تكون المشكلات الأساسية محلولة ، أى أن المخزون الأدنى هو نفسه نتيجة لحل المشكلات ؛ مما يوصلنا إلى استنتاج مهم هو أن نظام (JIT) الذى يعمل بدون مخزون احتياطى ، يعمل بدون مشكلات أكبر أو أخطر من المستوى الذى يسمح به المخزون الأدنى ، وأن المشكلات الصغيرة والدنيا (التى يمكن أن تظهر مع المخزون الأدنى) توجد عناصر أخرى فى النظام تعمل على معالجتها .

ثالثا : أحجام الوجبات الصغيرة

وفق المفاهيم التقليدية فإن الإنتاج بوجبات كبيرة يحقق ميزة تتمثل فى خفض كلفة الإعداد ، والحالة المثالية وفق هذه المفاهيم هى إنتاج وجبة كبيرة تغطى السنة كلها ، ولكن هذه الحالة قد تكون متاحة دائمًا ، وإزاء هذه الميزة تبرز مشكلات وصعوبات تخلقها وجبات الإنتاج الكبيرة منها : زيادة حجم المخزون ، مشكلات الجودة ، كلف الفحص والتفتيش ، وإعادة العمل تكون أكبر مقارنة بهذه الكلف فى الوجبات الصغيرة ، وكذلك الحاجة إلى وقت أطول للانتهاء من الوجبة ؛ مما يحد من المرونة فى الجدولة للاستجابة لوجبات أخرى ، وضعف الاستجابة لتحسين المنتوج وغيرها .

ومن أجل مواجهة هذه المشكلات والصعوبات فإن نظام (JIT) يقوم على الإنتاج بوجبات صغيرة ، والوجبات الصغيرة تساهم فى خفض المخزون ، ولتوضيح ذلك نشير إلى أن هناك طريقتين شائعتين لقياس أداء عملية التشغيل هما : مستويات المخزون تحت التشغيل ، والوقت المستغرق خلال التدفق ، فكلما ازداد حجم الوجبة (وهذا ما يسعى إليه المدخل التقليدى) ؛ يرتفع العمل تحت التشغيل ويزداد الوقت المستغرق خلال التدفق والعكس هو ما يقوم عليه نظام (JIT) ، حيث يكون حجم الوجبة عاملاً أساسيًا فى تحسين أداء عملية التشغيل إلى جانب عدد مراكز العمل ووقت الدورة (متوسط الوقت المستغرق فى حركة المادة المراد تصنيعها فى مركز العمل) ، والمثال رقم (١١-١) يوضح كيف أن حجم الوجبة يساهم فى خفض مستويات المخزون والوقت المستغرق خلال التدفق .

مثال رقم (١١-١) :

تتطلب عملية صنع الجزء (س) خمسة مراكز عمل ، ووقت دورة (٣) دقائق لكل وحدة من المادة فى كل مركز عمل ، فماذا سيكون تأثير تخفيض حجم الوجبة من (١٠) وحدات إلى وحدتين على المخزون تحت التشغيل (WIP) والوقت خلال التدفق ؟

الحل :

١- فى حالة حجم الوجبة (١٠) وحدات :

متوسط المخزون تحت التشغيل = ٥(مراكز عمل) × ١٠(وحدة/وجبة) = ٥٠ وحدة من الجزء (س) .

فى حالة حجم الوجبة (٢) وحدة .

متوسط المخزون تحت التشغيل = ٥(مراكز عمل) × ٢(وحدة/وجبة) = ١٠ وحدات .

٢- فى حالة حجم الوجبة (١٠) وحدات :

الوقت المستغرق خلال التدفق = ٥(مراكز عمل) ×١٠(وحدة/وجبة) × ٣(دقائق/دورة) =١٥٠ دقيقة .

حجم الوجبة = (٢) وحدة .

الوقت المستغرق خلال التدفق = ٥(مراكز عمل) × ٢(وحدة/وجبة) × ٣(دقائق/دورة) = ٣٠ دقيقة .

* المثال مقتبس من المصدر (E. A dam, Jr. and Ebert, 1993) p.p. 579-580. انظر مراجع الفصل .

ومن الواضح أن خفض حجم الوجبة الذى يقلص وقت التدفق يكون له أثاراً إيجابية مهمة فى عملية الإنتاج ؛ لأنه يساعد على كشف التلف بسرعة أكبر قبل أن تتراكم الوحدات التالفة ، وبالتالى فإن الإنتاج بوجبات صغيرة يحقق المراجعة الفورية ، ويمكن تفسير هذا من خلال خط التجميع التقليدى ، ولنفرض أنه يتكون من ثلاث عمليات ، تنجز فيه العملية الأولى قبل أسبوعين من العملية الثانية التى تنجز هى الأخرى قبل العلمية الثالثة بفترة معينة ؛ لهذا فإن أى خلل فى معايير الآلة أو تلف فى المنتوج يظهر فى العملية الأولى ؛ فإنه يعنى مشكلتين ، واحدة تتعلق بتأخير تنفيذ الوجبة بعد اكتشاف الخلل أو التلف ، حيث يتم إما إعادة العمل للوحدات التالفة أو تحويلها إلى خردة ، والأخرى هى أن الخلل قد تقادم ومضى عليه أسبوعان ، تغيرت خلالها العملية الأولى لإنتاج منتوج أخر ؛ فيكون من الصعب إيجاد أسباب الخلل أو التلف فى أكثر الأحيان . ولكن مع نظام (JIT) والإنتاج بوجبات صغيرة فإن مشكلات من هذا النوع لن تبقى أسبوعين أو حتى يوماً واحداً ، وإنما لفترة أقصر ربما لعدة دقائق تالية . والواقع أن كل عملية متعاقبة فى نظام (JIT) تمثل فحصاً (١٠٠٪) للعمليات السابقة كلها ، وبسبب الوجبات الصغيرة فإن العلمية اللاحقة تتم بعد وقت قصير من إنجاز العملية السابقة ؛ مما يكشف الخلل أو التلف بسرعة على افتراض أن العمال فى المرحلة السابقة لم يكشفوا ذلك . ولاشك فى أن أحجام الوجبات الصغيرة تساهم فى جعل نظام (JIT) مصمماً من أجل حل المشكلات وليس إخفاءها أو تفاقمها كما سنبين ذلك فى فقرة لاحقة .

كما أن وجبات الإنتاج الصغيرة خلافًا للوجبات الكبيرة توفر مرونة عالية فى الجدولة ؛ لأنها تساعد على الانتقال إلى وجبة إنتاج أخرى فى فترة أقصر ؛ مما يوفر مرونة أكبر فى الاستجابة للتغير الحاصل فى الطلب فى السوق ؛ مما يجعل نظام (JIT) قادراً على إنتاج ما هو مطلوب مع قدرة عالية على التغير السريع فى الإنتاج حيثما يكون ذلك مطلوباً . إن هذه النقطة توصلنا إلى استنتاج مهم مفاده أن نظام (JIT) هو أكثر ارتباطًا بالسوق وحاجاتها والتغيرات الحاصلة فيها من نظم الإنتاج التقليدية القائمة على الإنتاج بوجبات كبيرة ، حيث إن هذه الوجبات تعنى شراء المواد بكميات كبيرة وزيادة المخزون ، ومثل هذه الكميات تقلص فى مرونة الإدارة فى تغيير المنتوج إذا كان المنتوج الجديد يتطلب موارد أخرى ؛ لهذا تلجأ الإدارة إلى الانتهاء من الوجبة الكبيرة وموادها ليبدأ بعدها إدخال التحسينات فى المنتوج الجديد .

إن استخدام حجوم الوجبات الصغيرة يرتبط فى نظام (JIT) بالانسياب المتماثل أو الإنتاج اليومى بكمية قياسية . إلى جانب أن العمال يقومون بتجميع نفس المنتجات النهائية يومياً ، فمثلاً شركة تويوتا تستخدم دورة تجميع تتألف من تجميع أنواع من السيارات كل يوم فى شهر كامل ، وهكذا فإنها تقوم بتجميع سيارات الطلب عليها هو (١١) ألف سيارة ذات أربعة أبواب (س) و (٤) آلاف عربة كبيرة (ع) ، و (٦) آلاف عربة صغيرة ذات بابين (ص) . إن جدولة الإنتاج فى مصنع كورولا فى ياكاهاما يمكن أن تكون بتشكيلات قياسية كالآتى : (س ع س ص س ص س ع س ص) ، أو بتشكيلة (س س س س ص ص ص ع ع) ، أو أية تشكيلة أخرى ، وهذه تتكرر باستمرار فى نوبتى عمل كل يوم ، ولأن الجدولة المفضلة تكون لمدة شهر ؛ فإن الدورة تكرر التشكيلة ألفى مرة فى الشهر للإيفاء بالطلب ، وبسبب التكرار فإن العمال يتعودون عليها خلال الشهر بسبب تماثل الانسياب ، ويتم خلال خط كورولا - يوكاهاما تجميع الأجزاء بشكل متماثل من حيث الوقت والموقع وفق نظام جدولة دقيق يدعى (TACTO) . ومن المهم الإشارة إلى أنه لا شىء يتقدم على الجدولة ، وكذلك لا أحد يتخلف عنها ، ففى نظام (JIT) فإن كل عملية يجب أن تكمل فى الوقت المحدد ، وليس هناك عمل يتوفر له مخزون قابل للاستخدام لغرض تسريع أو تبطئ مراكز العمل ؛ لأن كل مركز عمل ينبغى أن يعتمد على مركز العمل اللاحق الذى وفق نظام السحب هو من يحدد الطلب الذى ينبغى أن يفى به مركز العمل السابق بكمية محددة ووقت ومكان محددين ، وهذا ما يساهم فى تحقيقه بكفاءة عالية نظام (JIT) .

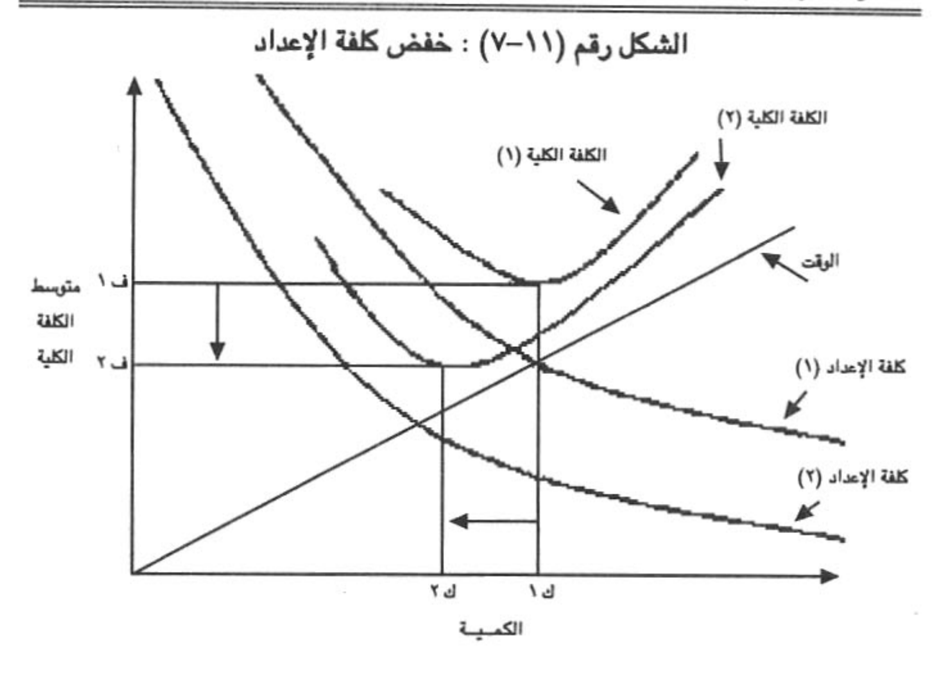
رابعا : خفض وقت الإعداد (Reducing Setup Time)

إن الإنتاج بوجبات صغيرة يزيد من عدد فترات الإعداد ؛ لهذا فإن نظام (JIT) يتجه بشكل جدى نحو خفض وقت الإعداد الذى هو وقت إعادة تعديل ومعايرة الآلات من أجل الوجبة الجديدة . ولقد حقق نظام (JIT) فى تويوتا تخفيضًا كبيرًا فى وقت الإعداد بعد أن باشرت تويوتا فى بداية السبعينيات حملة واسعة فى الشركة لخفض أوقات الإعداد ، وذلك خلال تركيز الجهود لإنتاج وجبة جديدة تتكون من (٨٠٠) طن من أغطية وصفائح السيارات بوقت تهيئة أمدها ساعة واحدة (وهى فترة قصيرة فى عملية الإعداد) ، وعبر خمس سنوات تمكنت تويوتا من خفضه إلى (١٢) دقيقة وهو أقل من نظيره الأمريكى بشكل لا يقارن ؛ حيث يبلغ وقت الإعداد فى الولايات المتحدة (٦) ساعات أى (٣٠) ضعفًا . وتسعى شركة تويوتا لخفض ذلك الوقت إلى لمسة واحدة أى أقل من دقيقة واحدة .

والواقع أن خفض وقت الإعداد يمكن أن يتم تحقيقه من خلال إعادة تصميم الآلات وتطويرها ، وخير مثال على ذلك تطوير الآلة ذات محاور التدوير المتعددة التى يمكن تدويرها على المحور المطلوب بسهولة وبوقت إعداد قصير مساوٍ لوقت تدوير المحور المطلوب ، كما يمكن خفض وقت الإعداد أيضًا من خلال تغيير التنظيم الداخلى للمصنع ، وذلك باستخدام التنظيم الداخلى على أساس المجموعة ، أو ما يسمى بتكنولوجيا المجاميع ، وقد كشفت دراسة حالة أجريت على عمليات الخراطة أن تكنولوجيا المجاميع خفضت وقت الإعداد من (٣٩,٢٥) ساعة عندما كانت الأجزاء تصنع بشكل منفرد ، إلى (٩,٥) ساعة بعد أن أنتجت تلك الأجزاء فى مجموعة عائلية .

ومما لاشك فيه أن خفض وقت الإعداد يعنى وبشكل مباشر خفض كلفتها . وأن خفض كلفة الإعداد (وكذلك كلفة الطلبية مع المخزون الأدنى فى نماذج المخزون) يؤدى إلى تغير منحنى كلفة الإعداد وتحركه إلى اليمين كما فى الشكل رقم (١١-٧) ؛ مما يؤدى بدوره إلى خفض كمية وجبة الإنتاج الاقتصادية ، ومن الشكل رقم (١١-٧) نلاحظ أن كلفة الإعداد تنخفض من المستوى (أ) إلى مستوى (ب) ؛ مما يؤدى إلى خفض مستوى الكلفة الكلية السنوى من (ف١) إلى (ف٢) .

الشكل رقم (١١-٧) : خفض كلفة الإعداد



* يلاحظ أن كلفة الإعداد تعتمد على الوقت .

خامسا : جدولة الإنتاج المستقرة (Stable Production Schedule)

كما أشرنا فإن نظام (JIT) يتطلب انسيابًا متماثلاً للمنتجات خلال النظام ؛ لإنجاز تداخل ملائم للعمليات المختلفة وحركة هادئة للمواد والأجزاء من المورد عبر العمليات التحويلية إلى المخرجات المطلوبة من الزبائن . ولابد أن يتم تنسيق العمليات بعناية ؛ لأن النظام يعمل بدون وقت خامل أو بأقل ما يمكن منه ؛ لهذا تتخذ إجراءات عديدة لضمان الانسياب الهادئ بدءًا من إشعار الموردين بمواعيد التسليم بدقة عالية ، واحتساب الاحتياجات فى كل فترة فى ضوء جدولة رئيسة مستقرة لمواجهة طلبيات كل فترة مع ملاحظة أن طلبيات الطوارئ والمعجلة ليست ملائمة لهذا النظام ، وانتهاء بشحن المخرجات فور الانتهاء منها .

لابد من الإشارة إلى أن المخزون فى نظم الإنتاج الأخرى هو الذى يمثل عامل

التهدئة فى الإنتاج والطلب ؛ مما يعنى أن كلفة مضافة فى مستوى المخزون سواءً كان أكثر من الحاجة أو أقل من الحاجة سيتم تحملها : مما يعنى نقل مشكلات وأعباء الجدول إلى مجال آخر هو المخزون فى المصنع نفسه ، أما فى نظام (JIT) فإن التهدئة تتم فى جدول الإنتاج الرئيسى نفسه الذى يتم على أساس شهرى ؛ ففى كل يوم يجرى القيام بعملية الصنع أو التجميع بنفس الكمية من المنتوج كاليوم السابق ؛ مما يخلق طلبًا يوميًا متماثلاً عبر شبكة المصنع الكلية ، وحيث إن عمليات الإنتاج أو التجميع تتعرض للتغيرات الكثيرة فى وجبات العمل الخاصة بنظام (JIT) حيث لا مخزون أمان وأن كل تأخير فى جزء يوقف الخط كله ، واليابانيون لكى يتجنبوا مشكلات التأخير أو الإنجاز المبكر فى تنفيذ الجدول تبنوا مفهوم الأداء ـ الزائد ـ الناقص ـ صفر وفى هذا المفهوم فإن العمال يقومون بإكمال جدول مخطط يومى بدون إخفاق ، فإذا لم يكملوا الجدول فى وقت العمل الاعتيادى ؛ فإن العمال يبقون فى العمل حتى ينجزوا ما هو مطلوب فى اليوم المحدد ، وإذا أكملوا العمل قبل الوقت المحدد : فإنهم يذهبون إلى بيوتهم مبكرًا ، وهذا المفهوم يعتمد على ولاء وإخلاص العامل وهو ناجح فى كل الحالات رغم وجود حالات استثنائية فيه .

كما أن الطريقة المتبعة فى نظام (JIT) التى تساعد على ربط الإنتاج بالطلب هى ما يدعى (بتحليل يو – يو Yo-Yo Analysis) ، وهى طريقة لقياس الاحتياجات عند المستويات المختلفة من الطلب وتحويلها إلى احتياجات إنتاج ؛ فالزبون هو نقطة البدء ولأن الزبون لديه احتياجات تختلف من فترة لأخرى ؛ فيجب قياس الاحتياجات عند مستوى الجدول الرئيسى واحتساب التغير لتعديل عملية التجميع (أو الصنع) . إن هذه الطريقة تنطلق من الزبون ليصبح الإنتاج (احتياجاته ومعدله) دالة الطلب وليس العكس ، وبهذا نريد ، وأكثر مما نعرف ماذا يمكن أن نبيع ، وبهذه الشاكلة فإن معدل المبيعات (نقطة البدء فى التحليل) يتحول إلى معدل الإنتاج (وهذا بدوره يساهم فى خفض المخزون لعدم وجود ما لا يباع) .

كما أن تحليل (يو ـ يو) يساعد على تفهم المرونة فى الجدولة ، فى الوجبات الإنتاجية ، فى العمال متعددى المهارات ، فى العلاقات مع الموردين والبائعين ؛ لهذا فإن مايتم المحافظة عليه فى الجدول الرئيسى هو معدل ثابت للإنتاج من خلال المحافظة

على وقت الدورة ، ووقت الدورة لا يعنى نفس الشيء الذى يمكن أن يستخدمه المهندس الصناعى ؛ حيث يشير لديه إلى الوقت الذى تأخذه الآلة لإنجاز العملية ؛ لأن وقت الدورة فى (JIT) هو مقياس لمعدل المخرجات وأكثر الاحيان يقاس بمعدل المبيعات ؛ لأن المبدأ فى وقت الدورة هو أن معدل الإنتاج يجب أن يتساوى مع معدل المبيعات .

سادسا : المصنع البؤرى أو ذو الهدف المركز (Focused Factory)

إن المصطلح (المصنع البؤرى) يستخدم أكثر الأحيان فى اليابان لوصف كينونة أو وحدة الصنع المتكامل ؛ فالمديرون اليابانيون يرون أن هذه الوحدة يجب ألا تتجاوز (٣٠٠) من العاملين (وهذا هو الحجم المفضل لوحدة الصنع فى نظام (JIT) .

لكى نوضح مفهوم المصنع البؤرى ؛ نشير إلى دراسة مهمة نشرها (سكينر W.Skinner) عام ١٩٧٤ تحت عنوان (Focused Factory) فى (Harvard Business Review) ؛ حيث وجّه الأنظار إلى أن المصنع التقليدى يحاول أن يقوم بمهام إنتاجية متعددة ومتعارضة ومزيج إنتاجى واسع غير متجانس موجه لنطاق واسع من الأسواق المتباينة فى إطار سياسات غير متسقة ؛ مما يؤدى إلى بعثرة الجهود وضعف الاتساق فى السياسات والتكنولوجيا والأسواق والمنتجات ؛ فتكون النتيجة هى عدم القدرة على المنافسة بنجاح ؛ لهذا فإن المصنع البؤرى هو البديل الفعال ؛ وذلك لأن سياساته ترتكز على عملية الصنع الجوهرية الوحيدة ومزيج إنتاجى محدود موجّه لمجموعة متجانسة من الزبائن فى نطاق محدد من الأسواق ؛ بما يحول المصنع إلى مجموعة محدودة ومركزة وقابلة للإدارة من المنتجات ، التكنولوجيا ، الحجوم ، والأسواق ، والأهم هو أن المصنع يتحول إلى سلاح تنافسى .

من الواضح أن هذه الدراسة فى وقتها كانت تتضمن إشارات واضحة فى تأكيدها على أن المشكلة لا تكمن فى "كيف يمكن أن نزيد الإنتاجية" وإنما "كيف يمكن أن نتنافس ، وهذه الإشارات تشير بوضوح إلى أن الأمريكيين لا يمكن أن يظلوا وحدهم فى القمة فى كل الأوقات كما هو الحال فى فترة ما بعد الحرب العالمية الثانية ، وأن المصنع البؤرى هو الوسيلة الفعالة فى تحقيق أهداف إستراتيجية الصنع (إستراتيجية العمليات) فى إطار إستراتيجية الشركة الشاملة ، ولقد حدد سكينر المفاهيم الأساسية للمصنع البؤرى كالآتى :

أ - وجود طرق متعددة للمنافسة ليس فقط طريقة الإنتاج بكلفة متدنية ، وهذه الطرق مهمة ؛ لأن المنافسة عادة ما توضع على أساس سعرى ، فلابد من الاهتمام بهذه الطرق ؛ لأنها تطور مفهوم المنافسة .

ب - إن المصنع لا يمكن أن يحقق ما هو جيد بكل المقاييس ؛ لأن هذه المقاييس متنوعة ومتعددة فلا يمكن إنجازها بالتساوى ، وعليه يكون من الضرورى القيام بمبادلات ملائمة كما هو الحال فى مبادلة الكلفة / الجودة ، دورة توريد قصيرة / استثمار مخزون أدنى ... إلخ ؛ لهذا لابد من وضوح كافٍ فيما هو جيد فى هذه المبادلات بين الجودة ، الكلفة ، أوقات التوريد ، المعولية ، تغيير جدولة الإنتاج ، إدخال منتوج جديد أو استثمار أقل .

ج - البساطة والتكرار يولد الكفاءة ؛ فالمصنع البؤرى يقوم على مفهوم البساطة والتجانس ؛ حيث إن تجانس المهام يولد الكفاءة .

إن النظام (JIT) يقوم بالحقيقة على مفاهيم المصنع البؤرى ، فإلى جانب أنه نظام لا يعمل إلا فى عملية الصنع المتكرر ، حيث إن خط الإنتاج الذى يستخدم نفس المعدات لإنتاج نفس الأجزاء المستخدمة فى منتجات مختلفة ، يوجد تماثلاً فى المهام يكون أساساً مهماً فى اختيار مجموعة متماثلة من المنتجات التى يتم التركيز عليها من حيث تطوير الخصائص ، والتكنولوجيا المستخدمة ، والحجوم والأسواق . كما أن نظام (JIT) الذى يفضل تطبيقه فى المصنع الذى يستخدم (٣٠٠) عامل ، يتسم أيضاً بمشكلات إدارية وفنية أكثر تجانساً وأسهل معالجة ، والنتيجة هى أن المصنع البؤرى أكثر كفاءة من حيث الكلفة والكمية والجودة (كما سنوضح ذلك لاحقاً) ؛ ليكون بحق سلاحاً تنافسياً فى البيئة الصناعية الحديثة .

سابعا : تكنولوجيا المجاميع (Group Technology)

من المعلوم أن هناك شكلين رئيسيين للإنتاج ، الإنتاج المستمر والإنتاج بالوجبة ، وأن تنظيم الإنتاج المستمر متقدم جداً حيث يتخصص الخط الإنتاجى بمنتوج واحد تقوم بإنتاجه آلات متخصصة منظمة وفق التنظيم الداخلى الخطى وهذا التنظيم يتسم بضعف المرونة ، وأن التحسينات المستقبلية تتمثل فى زيادة المرونة فيه بما يمكن من إدخال تغييرات على المنتوج بسهولة أكبر .

أما الإنتاج بالوجبة فإن المصنع فيه ينظم وفق التنظيم الداخلى الوظيفى ، ويتم اعتماده فى حالات وجبات الإنتاج الكثيرة لمنتجات متنوعة ؛ حيث إن مسارات الإنتاج المختلفة تنتقل عبرها آلاف الأجزاء مشكلة خريطة معقدة بعضهم أطلق عليها وعاء سباغيتى (Bowl of Spaghetti) والشكل رقم (١١-٨-أ) يوضح التنظيم الداخلى الوظيفى ومسالك الأجزاء الكثيرة خلاله .

ومن أجل معالجة المشكلات التى تواجه كلا الشكلين (التنظيم الداخلى الخطى والوظيفى) ؛ فإن الجهود كانت تتجه نحو الجمع بين مزايا كلا الشكلين وتجنب المشكلات الناجمة عنهما . وقد تحقق ذلك فى تكنولوجيا المجاميع أو التنظيم الداخلى المجموعى والشكل رقم (١١-٨-ب) يوضح كيف أن تكنولوجيا المجاميع تساهم فى إعادة التنظيم وزيادة كفاءة انسياب الأجزاء بيسر وسهولة للأجزاء نفسها الظاهرة فى الشكل (١١-٨-أ) وقد سبق الحديث عن تكنولوجيا المجاميع فى الفصل الرابع بشىء من التفصيل .

إن الأساس فى تكنولوجيا المجاميع هو تحليل ومقارنة الأجزاء والمنتجات ؛ من أجل تصنيفها فى عائلة منتجات أو أجزاء تتسم بحاجتها لنفس العمليات والآلات والمسار التكنولوجى ، وبما يشكل نمطًا هجينًا يجمع خصائص التنظيم الخطى أو السلعى (انسياب كفء لكل عائلة أجزاء) ؛ لأن نظام (JIT) يعتمد على الإنتاج بوجبات صغيرة ويعمل بجد من أجل خفض وقت الإعداد ؛ لهذا فإن تكنولوجيا المجاميع تمثل أداة أساسية ومهمة للتوصل إلى ذلك بما يحقق كفاءة الإنتاج فى تطبيق (JIT) .

هذه الميزة تحققت فى المصانع اليابانية ؛ ففى الستينيات كانت الولايات المتحدة مشغولة فى نقاشات واسعة حول تكنولوجيا المجاميع ، وكان اليابانيون قد سبقوها إلى تبنّيها والعمل بمبادئها ؛ مما سهل انتشارها فيما بعد ، ولابد أن نشير إلى أن تكنولوجيا المجاميع فى نظام (JIT) تساهم مساهمة فعالة فى زيادة الإنتاجية ؛ فلقد وجد أن الإنتاجية الصناعية تتأثر بعوامل أساسية وهى كالآتى :

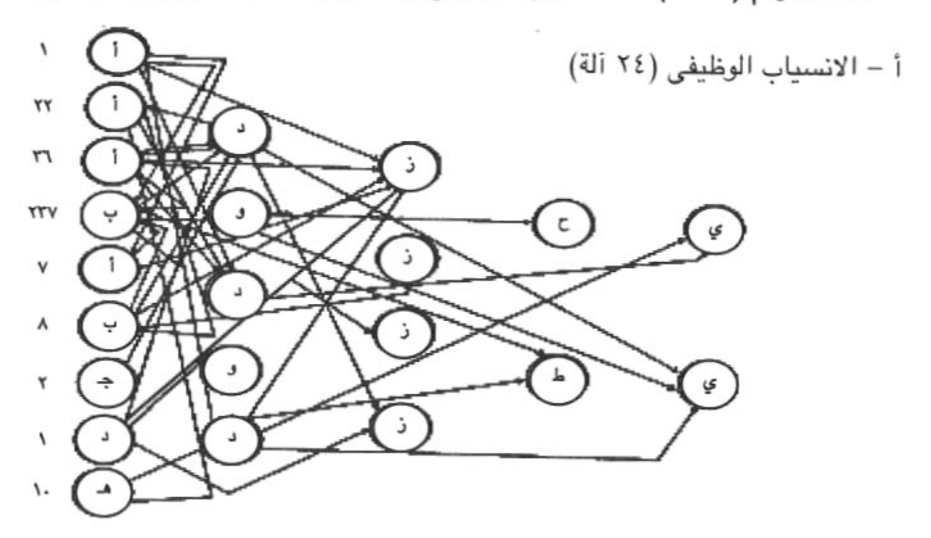
أ - (١٥٪) من زيادة الإنتاجية يمكن أن يعزى إلى التحسينات فى جودة قوة العمل .

ب - (٢٥٪) من زيادة الإنتاجية هى نتيجة لتوفير رأس المال .

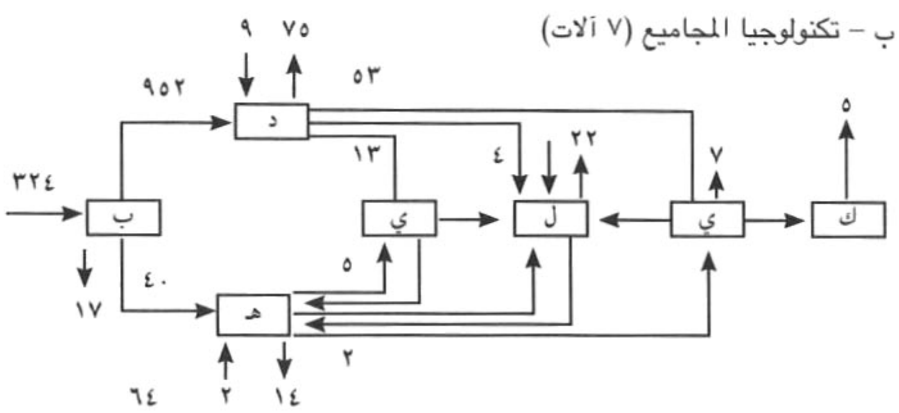
ج - (٦٠٪) من زيادة الإنتاجية هى نتيجة التحسين فى تكنولوجيا الإنتاج ، وضمن هذا العامل ونسبته تأتى مساهمة تكنولوجيا المجاميع .

الشكل رقم (١١–٨) : الانسياب الوظيفى والانسياب حسب تكنولوجيا المجاميع

أ – الانسياب الوظيفى (٢٤ آلة)



ب – تكنولوجيا المجاميع (٧ آلات)





أ – آلة خراطة الأبراج .
ب– آلة خراطة بسيطرة عديدية .
ج– خراطة مكائن .
د – خراطة دقيقة .

هـ–آلة برم بخمسة محاور .
و– آلة مسك وتثبيت .
ز– آلة طرق عمودية .
ح– آلة ثقب دعامات بأربعة محاور .

ط– آلة ثقب بالضغط .
ي– آلة طرق أفقية .
ك– آلة طرق تشكيلية .
ل– آلة تثقيب وسدادة .

ثامنا - الصيانة الوقائية (Preventive Maintenance)

حسب المفاهيم التقليدية فإن هناك نوعين من كلف صيانة الأعطال : الأول يتمثل فى كلفة تصليح المعدات أو الآلات العاطلة ، وهذه تشتمل على كلفة العمل ، قطع الغيار وغيرها ، والثانى يتمثل فى كلفة الآثار الناجمة عن العطلات ومن ضمنها كلفة العمل غير المستخدم أثناء العطلات ، الوقت الإضافى المطلوب للإيفاء بالمخرجات المجدولة كلفة السمعة للإخفاق بالإيفاء بالطلبات فى مواعيدها ، وغيرها . ولمعالجة مشكلة العطلات ؛ يتم اللجوء إلى مشكلة أخرى هى الاحتفاظ بالمخزون الزائد .

أما فى نظام (JIT) حيث المخزون بالحد الأدنى فإن الأعطال يمكن أن تؤدى إلى نتائج وخيمة ؛ لهذا فإن هذا النظام يعمل على جعل الأعطال بالحد الأدنى ؛ وذلك باستخدام برامج الصيانة الوقائية التى تساعد على الاحتفاظ بالمعدات فى ظروف التشغيل الجيدة واستبدال الأجزاء التى تكون معرضة للعجز والإخفاق . وفى هذا النظام أيضًا فإن قسمًا كبيرًا من أعمال الصيانة الوقائية يقوم بها عمال الإنتاج ؛ لأنهم أدرى من غيرهم بآلاتهم ويمكن أن يعرفوا بسرعة ومن صوت الآلة هل تعمل بشكل جيد أم لا قبل أن تصل إلى مرحلة حرجة .

إن الصيانة الوقائية تقلص الأعطال ولكن الحالة المثالية هى الأعطال الصفرية ومع أنه لا يمكن تحقيق ذلك ، إلا أن نظام (JIT) يوفر ميزتين فى هذا المجال ؛ الميزة الأولى فى اعتماد مبدأ إيقاف العملية الذى يتجاوز الفكرة التقليدية التى تقوم على أنه (ليس هناك ما هو أكثر هدرًا من إيقاف العملية الإنتاجية) إلا أن إيقاف العملية يوفر فرصة كبيرة لتركيز الجهود ؛ من أجل إيجاد سبب المشكلة بسرعة لإزالته ، والميزة الثانية هى أن حدوث الأعطال فى نظام (JIT) يكون مؤشرًا لاحقًا على المجال المحتمل للتحسين اللاحق فى المعدات وقطع الغيار وخدمات الصيانة وتدريب العمال فى تجنب مثل هذه الأعطال .

تاسعا : العمال متعددو المهارات (Multi-Skills Workers)

فى الأنظمة التقليدية ومنذ أن أقرّ (آدم سمث A.Smith) فى القرن الثامن عشر المزايا الثلاث لتقسيم العمل - فإن العامل يدرب عادة على مهارة واحدة وعدد محدود جداً من المهام والعمليات ، كما أنه عندما يعمل فى الإنتاج فإنه لا يعمل فى مهام أخرى كالصيانة أو فحص جودة المواد والمنتجات وغيرها انسجاماً مع مبدأ تقسيم العمل . والواقع أن هذا التوجه فى العمل والإنتاج بقدر ما كان يخلق مشكلات فى العمل جراء ما يحس به العامل من ملل ورتابة وشعور بتفاهة ما يقوم به من أعمال صغيرة ؛ فإنه كان يحرم المصنع من فرص استخدامه فى أعمال ومهام ذات علاقة بعمله فى الإنتاج بعد تدريب محدود كالمهام المتعلقة بالصيانة والتصليحات الصغيرة وفحص وتدقيق الجودة والقيام بإعادة العمل للأجزاء التى أخفق فيها ، وكذلك إجراء بعض التحسينات على الآلة وطرق العمل الخاصة به .

أما فى نظام (JIT) فإن العمال جزء أساسى من النظام نفسه ؛ لأنهم يكلفون بمهام متعددة ، فإلى جانب عملهم الأساسى فهم يدربون على أعمال أخرى يقومون بها عند الحاجة ، وهذه الحاجة قد تكون مثلاً عند غياب بعض العاملين أو عندما يفرض تنظيم العمل أن يقوم العامل بعملين يتطلبان أكثر من مهارة واحدة . ولعل التنظيم الداخلى على شكل حرف (U) يُمكّن العامل من أن يعمل على أحد طرفى خط الإنتاج (العمل الأول) ؛ ليستدير ليعمل العمل الآخر على نفس المادة ولكن بتعاقب آخر (العمل الثانى) .

ولأن نظام (JIT) لا يحتفظ إلا بالمخزون الأدنى ؛ فإن الأعطال تمثل مشكلة جد ة لابد من معالجتها بأسرع وقت ؛ لإعادة الآلات إلى سير العمل الاعتيادى ؛ لهذا فإن العمال يدربون على القيام ببعض التصليحات الصغيرة وبعض إجراءات الصيانة الوقائية التى تتطلب مهارة محدودة ، ولاشك فى أن تدريب العاملين على القيام بذلك يساعد على تحقيق برنامج الصيانة الوقائية الشامل بشكل فعال ، خاصة أن العامل هو أدرى بالاشتغال الطبيعى لآلته وحاجتها لبعض خدمات الصيانة الوقائية أولاً بأول . وحيث إن نظام (JIT) يعمل على تخفيض وقت الإعداد للآلات فإن العامل يدرب أيضًا

على القيام بتنظيف الآلة وتعديلها وتهيئتها وتحميلها ؛ مما يساهم فى تحقيق أهداف النظام فى خفض وقت الإعداد ، كما أن العامل فى نظام (JIT) يكون مسؤولاً عن القيام بإعادة العمل للأجزاء أو المنتجات غير الجيدة . وهذه المسؤولية بقدر ما تجعل العمال أكثر وعيًا بما هو خطأ فى الأجزاء التى ينتجونها أو يقومون بتجميعها ، فهى تجعلهم أيضًا أكثر مقاومة لصنع أو تجميع الأجزاء غير الجيدة ، بما فى ذلك طلب تطوير برنامج الصيانة أو تحسين المواد ؛ لأنهم هم أنفسهم عليهم القيام بإعادة العمل . هذا بالإضافة إلى أن العمال فى هذا النظام هم المسؤولون عن الجودة وفحصها وحل مشكلاتها المحدودة ويكلفون بتحسين الإنتاجية والجودة ؛ لهذا كله فإن النمط السائد من العمال فى نظام (JIT) هو نمط العمال متعددى المهارات .

إن تعدد المهارات يمثل بعدًا إنسانيًا جديدًا لمعالجة المشكلات الناجمة عن تقسيم العمل والتخصص فى المدخل التقليدى ، خاصة أنه يساهم فى معالجة مشكلات كثيرة أخذت تظهر فى العمل كالرتابة والتوتر ودوران العمل ومنازعات العمل ومقاومة التغيير من قبل العمال كما هو حاصل فى مقاومة الإدخال المتزايد للأتمتة (Automation) والربوتية (Robotics) ؛ وذلك لأن تعدد المهارات يمنح العمال مرونة أكبر فى الانتقال من عمل إلى آخر واستبدال مهنهم المنخفضة المهارة والأجر بمهن جديدة أخرى أعلى مهارة وأجرًا ؛ بما يجعل تعدد المهارات مدخلاً ملائمًا للتطور التكنولوجى السريع المقترن بإزالة مهن قديمة وتجاوز مهارات منخفضة إلى أخرى جديدة وكفئة .

ولابد من الإشارة إلى أن تعدد المهارات يؤدى عادة إلى المزيد من التدريب وبالتالى زيادة كلفته ، إلا أن هذه الكلفة الإضافية فى التدريب هى أدنى من البدائل الأخرى ؛ فتدريب العمال فى الإنتاج على صيانة معداتهم يؤدى إلى تقليص عدد عمال الصيانة وهذا أكثر اقتصادًا بالكلفة من البديل الآخر فى عمال صيانة أكثر ، كما أن تدريب العمال فى الإنتاج على فحص الجودة مع عدد محدود من العاملين فى قسم الرقابة على الجودة هو أقل كلفة (وأكثر كفاءة أيضًا) من البديل الآخر المتمثل فى عدد كبير من العاملين فى ذلك القسم .

عاشرا : كانبان : نظام السحب (Kanban :A Pull System)

إن كانبان (Kanban) كلمة يابانية تعنى البطاقة ، وهى مصطلح استخدم من قبل منتجي السيارات ؛ ليشير إلى نظام يقوم على أساس جديد هو نظام السحب ، ففى دورة الإنتاج التقليدية فإن العامل عندما ينتهى من معالجة جزء من الأجزاء يقوم بدفعه إلى العملية اللاحقة بغض النظر عن كون العامل فى العملية اللاحقة جاهزاً أم غير جاهز لاستلام ذلك الجزء ، وكان هذا واحداً من أسباب زيادة المخزون تحت الصنع .

أما فى نظام السحب (كانبان) فإن الجزء الذى تمت معالجته يسحب من العملية السابقة فقط عندما يكون مطلوباً ، والعامل فى العملية اللاحقة يطلب الجزء المعنى فى الوقت المحدد ، ومن الممكن أن يتأخر قليلاً فى حدود معينة (تؤخذ بالاعتبار عادة فى احتساب السعة الإنتاجية) إذا تجاوز العامل تلك الحدود ؛ فهذا يعنى أن هناك مشكلة جدية لابد من إيقاف الخط من أجل تركيز الجهود لمعالجتها وإعادة سيرها إلى حالته الطبيعية بأسرع وقت . وكما نلاحظ فإن "الدفع" و"السحب" هما نظامان في عملية الإنتاج ؛ فنظام الدفع يتحرك العمل فيه مدفوعًا بالإنتاج ، فى حين أن نظام السحب يكون العمل مسحوباً بالطلب بدءًا من ميناء الشحن أو المورد مروراً بعمليات الصنع وصولاً إلى سحب المنتجات من أجل شحنها إلى الزبائن .

إن كانبان قد أدخل فى شركة تويوتا عام ١٩٥٣م ، وهو معروف فى العالم بنظام بطاقات السحب اليدوى . وكانبان عبارة عن نظام يدوى للسيطرة الفعالة على المخزون يتألف من البطاقات والصناديق القياسية . والبطاقات نوعان هما : كانبان الإنتاج (Production Kanban) وكانبان الحركة أوالسحب (Move or Withdrawal Kanban) . وكانبان أو بطاقة الإنتاج تتضمن كل المعلومات الخاصة بالإنتاج المطلوب : رقم البطاقة ، رقم الجزء ، كمية الأجزاء فى الصندوق ، رقم الصندوق ، أين ينتج الجزء ، وأين يستخدم الجزء . كما أن بطاقة الإنتاج تجيز إنتاج عدد الأجزاء أو الوحدات المطلوبة ووضعها فى صندوق محدد الحجم . وكانبان أو بطاقة الحركة تجيز حركة الصناديق من مخرجات محطة العمل السابقة إلى مدخلات محطة العمل اللاحقة .

وفى الممارسة هناك نظامان شائعان لكانبان هما : كانبان البطاقتين وكانبان البطاقة الواحدة ؛ ففى نظام البطاقتين (Two-Card Kanban) هناك بطاقة النقل أو الحركة وبطاقة الإنتاج : الأولى تمثل الطلب وتجيز نقل المواد من مركز عمل التوريد إلى مركز العمل المستخدم لها ، والثانية (كانبان الإنتاج) تجيز الإنتاج للمواد والأجزاء ، وتحل محل بطاقة النقل عند البدء بالإنتاج . والمواد تنقل وتنتج فى صناديق ، ولكل مادة فى عملية الإنتاج هناك صناديق ملائمة وعدد محدد من الصناديق ، حيث كل صندوق يتضمن بيوتًا أو خانات لعدد محدد من المواد ، وبهذه الطريقة يتم السيطرة على الإنتاج والمخزون فى المصنع بصرياً .

وعند خفض عدد البطاقات المستخدمة بين مركزى عمل متفاعلين أو مترابطين ؛ فإن المدخل الصفرى للمخزون يمكن أن يتحقق ؛ لهذا فإن الإنتاج بدون مخزون هو السمة الرئيسية لنظام السحب فى التخطيط والسيطرة .

أما كانبان البطاقة الواحدة (Single Card Kanban) فإن هناك فقط بطاقة النقل أو الحركة بدون بطاقة أو كانبان الإنتاج . وإن شركة تويوتا والعديد من الشركات تستخدم نظام البطاقتين فى حين نجد أن شركات كثيرة أخرى تستخدم نظام البطاقة الواحدة . وفى هذا النظام فإن الصندوق الذى يحتوى على المواد الخارجة من مركز العمل لا يجوز تحريكه إلا عند وضع بطاقة النقل أو الحركة ، وعند وضع هذه البطاقة يتم تحريكه إلى مركز العمل اللاحق الذى عند الوصول إليه تكون هناك حاجة إلى المواد التى فى الصندوق ، فيتم نزع البطاقة ؛ ليصبح بمثابة مدخلات جديدة لهذا المركز وبعد الانتهاء من المواد توضع فى الصندوق ، لتكون مواد خارجة لايمكن تحريكها لمركز العمل اللاحق إلا بعد وضع كانبان أو بطاقة النقل أو الحركة ، وهكذا تستمر السيطرة على الإنتاج والعمل تحت التشغيل (WIP) بين مراكز العمل .

أما الصناديق فإنها تكون ذات مواصفات خاصة حيث يتم لكل نوع من الأجزاء استخدام الصناديق المصممة له حسب مواصفات الجزء والكمية الأدنى المطلوبة من ذلك الجزء الذى ينتج خلال كل فترة ، كما أن الجزء يحفظ فى الصندوق بما يمنع تضرره ويسهل مناولته ؛ فالصندوق فيه مساحات مقسمة لحفظ كل جزء تشبه (كارتونًا) أو حامل البيض ، كما أن امتلاء الصندوق يكون بسعة قياسية تلغى الحاجة إلى إحصاء وعد محتوياته وتقلص العمل المحاسبى من خلال الكمية القياسية .

إن عدد الصناديق المستخدمة فى محطات العمل يعتمد على معدل الطلب وحجم الصندوق والوقت المطلوب لإكمال الصندوق دورة كاملة ، ويتم احتساب العدد الكلى للصناديق وفق الصيغة الآتية :

$$ن = \frac{ط\ و}{ج}$$

حيث ن = العدد الكلى للصناديق .

ط = معدل الطلب المخطط فى مركز العمل .

و = معدل المخرجات لإكمال الصندوق دورة كاملة (الصندوق يملأ، يتحرك ، ويعاد ليملأ ثانية) .

ج = حجم الصندوق بدلالة عدد الأجزاء (عادة ما يكون أقل من ١٠٪ من الطلب اليومى) .

ومن أجل تطبيق الصيغة ؛ لنفرض أن الطلب عند مركز العمل اللاحق هو وحدتان فى الدقيقة ، وأن الصندوق القياسى يحتوى (٢٥) وحدة ، فإذا كان إكمال دورة كاملة من مركز العمل (أ) إلى مركز العمل (ب) والعودة ثانية إلى مركز العمل (أ) يتطلب (١٠٠) دقيقة ، ما هو عدد الصناديق المطلوبة فى هذه الحالة ؟

ولاحتساب ذلك فإن :

$$ن = \frac{٢ \times ١٠٠}{٢٥} = ٨ \text{ صناديق .}$$

من هذا المثال يتبين أن المخزون الأقصى يساوى جميع الصناديق فى حالة الامتلاء أى أن :

المخزون الأقصى = ٨ × ٢٥ = ٢٠٠ وحدة .

كما يظهر من هذا المثال أيضًا أن المخزون الأقصى يمكن خفضه بتقليص حجم الصندوق أو عدد الصناديق المستخدمة أو من خلال خفض الوقت المطلوب لدورة الصندوق بضمنها وقت إعداد الآلة ، الإطلاق والانتظار ، والحركة حيث إن الدورة الأصغر تقلص فترة حيازة المخزون تحت التشغيل . وهناك قواعد قليلة بسيطة يجب أن تراعى فى عمل نظام كانبان هى :

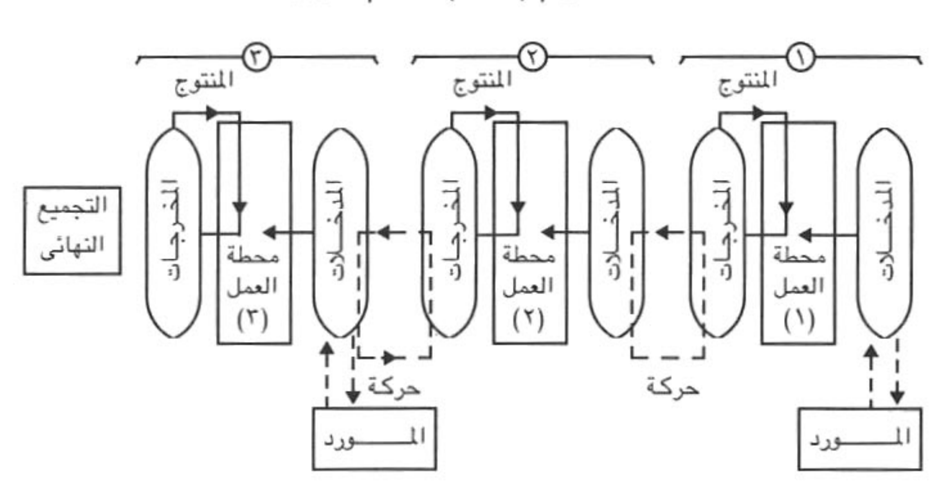
أ - لايمكن إنتاج الجزء بدون كانبان أو بطاقة الإنتاج التى تجيز ذلك (فى نظام البطاقتين طبعاً) .

ب - يجب أن تكون هناك بطاقة كانبان فى كل صندوق .

ج - إن الأجزاء يجب أن توضع فى الصناديق القياسية الخاصة بها ، وكل صندوق يجب أن يكون مملوءاً عند تحريكه .

ومن أجل توضيح نظام كانبان وكيفية عمله ، فإن الشكل رقم (١١-٩) يوضح انسياب العمل أو المواد فى خط تجميع مكون من ثلاث محطات عمل ؛ حيث إن انسياب المواد فى خط التجميع يتم بمساعدة بطاقات كانبان ؛ فمحطة العمل (١) عندما تنتهى من العمل على الوجبة الصغيرة يمتلأ الصندوق بالأجزاء ؛ فيتحرك إلى الخلف فى الوقت المحدد صندوق فارغ مع بطاقة السحب (أو الحركة) من محطة العمل (٢) إلى محطة العمل (١) ، حيث يتم نقل بطاقة السحب من الصندوق الفارغ إلى الصندوق الممتلئ ؛ ليتم فى هذا الوقت المحدد حسب جدول الإنتاج اليومى انتقال الصندوق الممتلئ إلى محطة العمل (٢) ، وانتقال الصندوق الفارغ إلى الخلف من موقع مخرجات محطة العمل (١) إلى منطقة التسليم أو موقع مدخلات محطة العمل (١) . وهكذا يستمر العمل ، حيث إن بطاقة الإنتاج فى الصندوق الفارغ تعنى الترخيص بإنتاج صندوق جديد ، كما أن الصندوق الممتلئ فى موقع مدخلات محطة العمل (٢) يبدأ العمل عليه فور دخوله لوجود طلب عليه . ويلاحظ من هذا التوضيح أن نظام السحب يبدأ من النهاية ، أى من مركز التجميع النهائى رجوعاً إلى البداية بما يحقق أمرين أساسيين : الأول أن الطلب يسحب الإنتاج ، والثانى أن الإنتاج الذى يجاز إنتاجه ببطاقة الإنتاج لا ينقل أو يدفع إلى محطة العمل الثانية إلا بعد أن ترد بطاقة الحركة التى تمثل الطلب عليه . إن نظام كانبان (وهو نظام فرعى فى JIT) كما يلاحظ عبارة عن نظام يدوى - بصرى يعتمد على ملاحظة الصناديق فى حالتى الامتلاء والفراغ والبطاقات ، كما أنه نظام بسيط إلا أن بساطته بقدر ما تكشف عن قوته وكفاءته فإنها تكشف عن مزايا بيئة العمل اليابانية التى تتسم بالروح التعاونية بين العمال أنفسهم وبينهم وبين الإدارة وكذلك مع الموردين ، وكما يقول (ستيفنسن W.J.Stevenson) فإن اليابانيين ناجحون فى هذه النقطة بسبب الثقافة اليابانية بوصفها ميزة فى الإدارة الناجحة فى المنظمات الحديثة خلافاً للمفاهيم التقليدية القائمة على روح المنافسة والعداء بين أطراف عملية الإنتاج .

الشكل رقم (١١-٩) : نظام كانبان



أحد عشر : الشراء فى نظام الوقت المحدد

الشراء وظيفة مهمة فى المنظمة الحديثة ، والأداء الردىء لوظيفة الشراء يعنى علاقة غير جيدة مع المورد أو الموردين ، طلبيات متأخرة ، الحاجة إلى تفاوض مستمر على الكمية والسعر والمواعيد ، الحاجة إلى استلام وفحص واختبار للمواد المشتراة ، عمل ورقى إدارى أكبر ، والأهم مخزون أكبر سواء فى الطريق أو فى المصنع . وهذه هى مظاهر وخصائص وظيفة الشراء فى المدخل التقليدى ، فى حين أن نظام (JIT) يمثل مدخلاً فعالاً : من أجل تطوير وظيفة الشراء للتخلص من هذه المظاهر السلبية التى تمثل أشكالاً للهدر يجب التخلص منها .

إن الشراء فى نظام (JIT) يقوم على تطوير علاقات طويلة الأمد مع الموردين ، بما يساعد على جعل التوريد بكميات صغيرة ومتكررة (بما يكفى يومًا واحداً وأحياناً أقل من يوم) وضمن هذه العلاقة تقديم المساعدة للموردين من أجل تبنى نظام (JIT) . إن أهداف الشراء فى نظام (JIT) تتمثل فيما يأتى :

أ - **إزالة الأنشطة غير الضرورية** : إن الأنشطة التقليدية مثل الاستلام والفحص للمواد المشتراة وخزنها قبل الاستخدام غير ضرورية فى (JIT) ، فعند الاختيار الجيد للموردين المعول عليهم ؛ فإن المواد المشتراة يمكن أن تستلم بدون إجراءات العد والحساب والفحص والاختبار . ولكى تقوم وظيفة الشراء بهذا العمل بشكل جيد ؛ فإنها بحاجة إلى تعاون ودعم الأقسام الأخرى ؛ فقسم الإنتاج يمكن أن يساهم بتقديم جداول إنتاج مستقرة ودقيقة ، وقسم الشؤون المالية يمكن أن يساهم بتقديم بعض التسهيلات للموردين ؛ لضمان تعاونهم وتطوير التزامهم وفق عقود طويلة الأمد معهم .

ب - **إلغاء المخزون فى المصنع** : فعلياً ليس هناك حاجة ضرورية لمخزون المواد الأولية ؛ إذا كانت هذه المواد تفى بمواصفات الجودة (Quality) ومجهزة بالمكان والوقت المحددين وبالكميات الصغيرة المطلوبة . إن مخزون المواد الأولية يكون ضرورياً فقط إذا كان هناك سبب للاعتقاد بأن المورد لايمكن الاعتماد عليه . وفى نظام (JIT) فإن اختيار الموردين الموثوقين وتطوير علاقات متبادلة قوية يمهد لإلغاء الحاجة إلى المخزون .

ج - **إلغاء المخزون الانتقالى** : إن المخزون الانتقالى (Intranist Inventory) أحد أنواع المخزون المهمة ؛ لأنه يمثل نسبة كبيرة من مجموع المخزون فى الشركة ، فمثلاً تقدر شركة جنرال موترز (GM) أن المخزون الانتقالى يمثل فى أى وقت أكثر من نصف مخزونها ، أما نظام (JIT) فيعمل على خفض المخزون الانتقالى من خلال اختيار الموردين القريبين من المصنع ؛ حيث إن الأقصر فى انسياب المواد يكون أقل مخزوناً . والشكل رقم (١١-١٠) يوضح هذه الحقيقة فكلما كان المورد بعيداً من الناحية الجغرافية ؛ فإن هذا يؤدى إلى إطالة وقت التوريد (Lead Time) كما فى الحالة (أ) ؛ مما يزيد المخزون الانتقالى بمقدار فترة التوريد مضروبة بمعدل الاستهلاك . أما فى الحالة (ب) فتوضح ما يعمل من أجله نظام (JIT) بتقليص المخزون الانتقالى باختيار المورد القريب الذى يؤدى إلى بتقليص وقت التوريد ، وبالتالى تقليص المخزون الانتقالى .

الشكل رقم (١١-١٠) : المخزون الانتقالى فى حالتين

الحالة (أ) : المورد بعيد	الحالة (ب) : المورد قريب
٥٠٠٠ وحدة	٢٠٠٠ وحدة
فترة التوريد = ٥ أيام	فترة التوريد = يومان
معدل الاستهلاك = ١٠٠٠ وحدة	معدل الاستهلاك = ١٠٠٠ وحدة
المخزون الانتقالى لتغطية فترة التوريد = ٥٠٠٠ وحدة	المخزون الانتقالى =٢٠٠٠ وحدة

د - **تحسين الجودة والاعتمادية** : هذا الهدف نتيجة طبيعية للعلاقات الجيدة والموثوقة مع الموردين ، ولأهمية وظيفة الجودة وموقعها المتميز فى التجربة اليابانية ولعلاقتها القوية بنظام (JIT) ولدورها الكبير فى تفسير وتوضيح أبعاد التفوق اليابانى ؛ فإننا سنفرد لها ملحقًا خاصًا بها تابعًا للفصل الرابع عشر الذى يحمل عنوان الجودة .

إن هذه الأهداف الخاصة بوظيفة الشراء فى نظام (JIT) تكشف عن خصائص جديدة فى هذه الوظيفة ، وفى مقدمة هذه الخصائص العلاقة الجديدة مع الموردين ، فبدلاً من علاقة التضاد والتعارض حيث التنافس على السعر بين المصنع والمورد يعبر عن تنافس المصالح وليس شراكة المصالح فى المدخل التقليدى ، هذا بالإضافة إلى أن المصانع كانت تميل إلى الشراء بكميات كبيرة ؛ لتحقيق مزايا اقتصادية فى النقل وفى خصم الكمية فتكون نتيجة ذلك مخزونًا أكبر مع مرونة أقل فى الاستجابة للتغير فى الطلب على المنتجات إذا كان التغير يتمثل فى انخفاض الطلب ؛ لأن مخزون المواد والأجزاء يجبر على الاستمرار بإنتاج المنتوج نفسه .

ومع نظام (JIT) فإن فلسفته تقوم على تطوير علاقة فعالة مع الموردين تستند إلى شراكة المصالح ليساهموا فى هذا النظام من خلال تبنى الإنتاج والتوريد بوجبات صغيرة ، وهذا يجب ألا يفهم على نحو خاطئ بأن المخزون سيتم الاحتفاظ به عند المورد بدلاً من المنتج كما أشرنا ؛ لأن نظام (JIT) يستلزم قيام المورد بجدولة إنتاجه وفق احتياجات المنتج مع احتفاظه هوالآخر بالمخزون بالحد الأدنى . ومن جهة أخرى

فإن الموردين يتحملون جزءًا من مسؤولية الإنتاج ؛ لأنهم مطالبون بتوريد المواد والأجزاء ذات الجودة العالية وكميات صغيرة وفترات محددة بدقة ؛ لتجنب مشكلات إعادة الشحن والتأخير وإعادة الفحص لدى المنتج التى لا تضيف قيمة ؛ لهذا فإن العلاقة الجديدة تتضمن قيام الشركة بتدريب الموردين على مفاهيم نظام (JIT) والتعاون معهم لتبسيط عمليات إنتاجهم ؛ لتؤدى إلى التوريد بكميات صغيرة متكررة بشكل أسهل وأكثر انسيابية ، وبهذه الطريقة يكون الموردون جزءًا من نظام (JIT) .

وتظل مسألة مهمة أخرى هى تقليص عدد الموردين قدر الإمكان ؛ ليسهل التعاون معهم فى هذا النظام مع مراعاة أن يكونوا قريبين من مصانع الشركة لخفض كلف النقل ، ولعل شركة تويوتا تقدم نموذجًا فى هذا المجال حيث يبلغ عدد الموردين الذين تتعامل معهم (٢٥٠) موردًا مقارنةً بشركة جنرال موترز الأمريكية التى تتعامل مع أكثر من (٣٥٠٠) مورد ، وأخيرًا فإن الجدول رقم (١١-١١) يوضح خصائص وظيفة الشراء فى نظام (JIT) .

الجدول رقم (١١-١١) : خصائص الشراء فى نظام (JIT)

الفقرات	الخصائص
١ - الموردون	أ - عدد أقل من الموردين . ب - الموردون قريبون . ج - تكرار الأعمال مع نفس الموردين . د - استخدام التحليل الفعال لتمكين الموردين المرغوبين ليكونوا ذوى سعر تنافسى . هـ- العمل على جمع الموردين البعيدين . و - العطاءات التنافسية على الأغلب محددة بالأجزاء الجديدة . ز - المصنع المشترى يقوم بالتكامل العمودى . ح - المصنع يعمل على توسيع الشراء فى نظام (JIT) إلى مورديهم .

تابع – جدول (١١-١١) خصائص الشراء فى نظام (JIT)

٢ – الكميات	أ – معدل المخرجات ثابت (شرط مرغوب) . ب – التوريد متكرر بكميات صغيرة . ج – اتفاقات بعقود طويلة الأمد . د – العمل الورقى بالحد الأدنى . هـ– كميات التوريد متغيرة من طلبية لأخرى ولكنها ثابتة فى المدى الزمنى للعقد . و – الفائض أو النقص فى الطلبيات المستلمة يكون محدوداً أو غير مسموح . ز – تشجيع الموردين للتغليف بالكميات المحددة . ح – تشجيع الموردين لخفض حجم وجبات الإنتاج (وخزن المواد غير المطلوبة) .
٣ – الجودة	أ – الحد الأدنى من مواصفات المنتوج المفروضة على المورد . ب – مساعدة الموردين للإيفاء بمتطلبات الجودة . ج – العلاقة الحميمة بين العاملين فى ضمان الجودة لدى الموردين والمشترين . د – تشجيع الموردين لاستخدام مخططات السيطرة على العملية بدلاً من فحص المعاينة للوجبة .
٤ – الشحن	أ – جدولة الشحن المتجه . ب – تحقيق الرقابة من خلال الشحن الخاص بالشركة ، الشحن بعقود ، المستودعات بعقود لدمج الشحن بالمخزن بدلاً من استخدام الشحن العام .

اثنا عشر : الجدولة بدون سعة التحميل الزائد (Scheduling Without Overload Capacity)

إن عمال الإنتاج فى نظام (JIT) لديهم واجبات إضافية للصيانة الوقائية لآلات إنتاجهم ، مثل : فحص إنتاجهم ، إعادة العمل للأجزاء التالفة الخاصة بهم ، القيام بتهيئة الآلات ، ومسؤولية الرقابة على الإنتاج ، كل هذه الواجبات ينبغى أن تؤخذ بالاعتبار عند تحديد سعة المصنع ومن الضرورى عدم تحميله فوق طاقته أبداً .

إن الإغراء بإضافة خمس دقائق أخرى إلى وقت الإنتاج على حساب وقت الصيانة يجب أن يقاوم ، وكذلك الحال فى أى تقليص غير مبرر لوقت الأعمال الأخرى ، وهذا يتطلب مستوى جديداً من الوعى الإدارى ؛ إذ من الصعب للعديد من مديرى الإنتاج

وضع جدولة مخططة تكون دون مستوى السعة أو عدم المحاولة فى التحميل الزائد للعمال . ولابد من التأكيد على أن نظام (JIT) يعمل فى ظروف الجدول المستقر التى تراعى كل الحالات الضرورية التى تؤثر على تنفيذ جداول الإنتاج .

ثلاثة عشر : حل المشكلات (Problems Solving)

إن المشكلة فى المفهوم التقليدى هى عائق فى العمل من الضرورى تجنبه ، وليس بالضرورة إزالته ، أما فى نظام (JIT) فإن المطلوب هو البحث عن المشكلات وحلها ؛ لكى لا تتكرر ، وبسبب هذا التوجه فإن المشكلة لاتكون عائقًا فقط ، وإنما مصدراً محتملاً للتطوير والتحسين ، وهذه النظرة الإيجابية هى التى تجعل نظام (JIT) كما أشرنا مهمًا لحل المشكلات وليس لإخفائها . والواقع أن خفض المخزون إلى الحد الأدنى (أى العمل بدون مخزون احتياطى مجمد يمكن استخدامه عند ظهور المشكلات) هو الذى يساهم فى جعل نظام (JIT) فعالاً فى حل المشكلات .

والسمة الأخرى فى حل المشكلات هى المعالجة السريعة لهذه المشكلات : فالشركات اليابانية مثلاً تستخدم النظام الضوئى للمشكلات البارزة ، وهذا النظام يدعى فى اليابان (أندون Andon) حيث إن كل محطة عمل مزودة بثلاثة أضواء : الضوء الأخضر منها يعنى "عدم وجود مشكلة" ، والضوء الكهرمانى يعنى أن العامل "يتخلف بمقدار ضئيل" ، والضوء الأحمر يؤشر إلى "مشكلة خطيرة" ، ويساعد النظام الضوئى على تعرف الآخرين (العمال والمشرفين) على سير العمل وحدوث المشكلات ، ولابد من التأكيد على أن هناك عوامل أساسية تساهم فى جعل حل المشكلات فعالاً وهى :

أ - تشجيع العمال على التصريح بالمشكلات وعدم إخفائها من أجل المساهمة فى حلها .

ب - مبدأ إيقاف العملية من أجل إتاحة الفرصة الكاملة والسريعة ؛ لحشد جميع الجهود لحل المشكلات وإعادة النظام لسير العمل الاعتيادى .

ج - استخدام دوائر الجودة لتوليد الحلول الفعالة للمشكلات مهما كانت صغيرة إضافة إلى توليد التحسينات المستمرة ؛ لتكون نهاية المشكلة بداية لتحسينات مضافة وجديدة لاحقًا .

د - الاعتراف بالمساهمات والإنجازات فى حل المشكلات وعند إدخال التحسينات والتسجيل الدقيق للإنجازات بأسماء أصحابها بما فى ذلك تعليق صورهم فى لوحات عند مدخل الشركة فى نشراتها . فى هذه الأجواء يصبح العمل محفزًا وموجهًا نحو حل المشكلات ، كما تصبح المبادرات أساسًا فى التطوير لكل شيء بدءًا من أصغر الأشياء وأبسطها إلى أكبرها وأعقدها . والواقع أن هذا الأسلوب هو الذى ينسجم مع الإستراتيجيات الحديثة فى إدارة العمليات التى أصبحت تواجه التحدى المعاصر فى سرعة التطورات العلمية والتقنية فى جميع مجالات العمل .

أربعة عشر : تحسين الجودة

إن الكثير من المختصين اليابانيين والأمريكيين على حد سواء يعتقد أن أحد المصادر الأساسية للنجاح الصناعى اليابانى يعود إلى مدخل الجودة ، ولعل فى مقدمة عوامل القوة فى ذلك السيطرة على المخزون من خلال نظام (JIT) ؛ لأنه بقدر ما يقلل من المخزون إلى الحد الأدنى والتخلص من مصدر أساسى لمشكلات الجودة فى التلف والتقادم ؛ فإنه يضمن مشاركة كبيرة للعمال فى الفحص والتدقيق للجودة من محطة لأخرى مع إمكانية إيقاف الخط الإنتاجى عند أية مشكلة جدية فى الجودة . كما أن نظام (JIT) يهتم بالجودة عند المصدر بدءًا من المصدر الأول ، أى الموردين ، حيث المطلوب منهم مواد وإجراء بمواصفات الجودة محددة ودقيقة ، وعند المصدر الثانى أى العمال الذين يدربون على جودة المواد والأجزاء والفحص لهما قبل الإدخال (عند مدخلات محطة العمل) وبعد الانتهاء أيضًا (عند مخرجات محطة العمل) ، ولكى يتمكن العمال من القيام بذلك ؛ ولابد من تصميم المنتوج القياسى وطرق العمل القياسية لضمان الجودة بمستوى عالٍ (من أجل المزيد من الاطلاع انظر الملحق (١) فى الفصل الرابع عشر) .

بعد هذا العرض الوافى لخصائص وعناصر نظام (JIT) لابد من التأكيد على أن هذه العناصر تعمل معًا كمجموعة متساندة ومتكاملة من أجل نظام جديد وفعال فى إدارة العمليات ، وأن التجارب الكثيرة كشفت إمكانية الاستفادة من هذه العناصر كلاً أو جزءًا فى التطبيق .

خمسة عشر : محاسبة الكلفة فى نظام الوقت المحدد

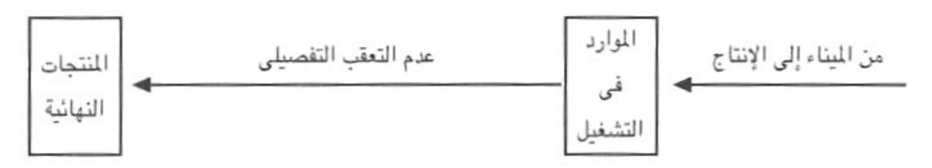
إن المعالجة الفعالة التى يقدمها (JIT) لخفض المخزون وصولاً إلى المخزون الصفرى لابد من أن تنعكس على محاسبة الكلفة ، وهذا ما أكدته تطبيقات نظام (JIT) فى شركة (Hewlett - Packard) الأمريكية التى طبقت نظام (JIT) بنجاح ؛ فنظام المحاسبة المستخدمة فى شركة (HP) للأقسام التى تتبع (JIT) يمكن ملاحظتها ببساطة من خلال الشكل رقم (١١ - ١٢) الذى يقارن نظام محاسبة الشركة التى تستخدم (JIT) مع نظام محاسبة تقليدى لتصنيع الوجبة ؛ ففى ظل نظام (JIT) لا يستخدم التمييز بين المواد الأولية والعمل فى التشغيل (مواد تحت الصنع) وتستبدل بالموارد فى التشغيل (Resource In - Process) ورمزها (RIP) ، كما يلاحظ من الشكل أن المواد تأتى من الميناء إلى الإنتاج دون الحاجة إلى مخزن المواد الأولية ؛ لهذا فإن حسابات المخزن تزول وتلغى ، وكذلك حساب العمل تحت التشغيل (المواد خلال سلسلة العمليات) ، ويتم التسجيل المحاسبى فقط للمواد عند الإدخال وعند الإخراج كمنتجات نهائية . والواقع أن الإدارة فى نظام (JIT) تضطر للسؤال : هل من الضرورى تعقب الكلف التفصيلية خطوة بخطوة من المواد إلى العمل فى التشغيل وحتى المنتوج النهائى ، والاجابة فى نظام (JIT) أن التعقيب المادى للوحدات يكون ضرورياً أما تعقب الكلفة بواسطة أوامر العمل فلا يكون كذلك ، وبالتالى فإن أية كلفة داخلة عند بداية الفترة سيعاد ظهورها منتجات نهائية عند نهاية الفترة دون الحاجة إلى إظهارها فى المراحل الوسيطة فى متابعة محاسبية لا مبرر لها . وكما يقول (هورنجرين C.T. Horngren) فإن الجوانب الجديدة فى نظام محاسبة (JIT) فى شركة (HP) هى : غياب حساب المخزن المنفصل ، غياب أوامر العمل أو التعقب التفصيلى للمواد الأولية والعمل المباشر خلال سلسلة العملية ، وإن هذا الجانب يولد التعليق الآتى : "مرحباً - وداعاً للمخازن والعمل فى التشغيل" ، وكذلك محاسبة المخازن والعمل فى التشغيل .

الشكل رقم (١١-١٢) : محاسبة الكلفة التقليدية وفى نظام (JIT)

أ - محاسبة الكلفة التقليدية :



ب - محاسبة الكلفة فى (JIT) :



١١-٥- نظام الوقت المحدد فى قطاع الخدمات :

أشرنا فى ملاحظة سابقة إلى أن نظام (JIT) يستخدم فى عمليات التصنيع المتكرر ، وأن الدراسات الكثيرة التى تناولت هذا النظام تحدث عند تطبيقاته فى القطاع الصناعى ، فماذا عن تطبيقات هذا النظام فى قطاع الخدمات ؟ وهل يمكن الاستفادة منه فى الخدمات لرفع كفاءة الأداء لتحسين جودة الخدمات مثلما يمكن الاستفادة منه فى قطاع الصناعة لزيادة الإنتاجية وتحسين الجودة ؟

والواقع أن هذه الأسئلة مهمة ؛ لأن قطاع الخدمات الذى أصبح هو القطاع الأول فى الدول المتقدمة والقطاع الواسع فى الدول الثانية يعانى من نقص كبير فى الكفاءة ، وأن الاهتمام المتزايد فى الفترة الأخيرة فى هذا القطاع ينصب على تطوير مفاهيمه وأساليبه التى يمكن أن تساهم فى رفع كفاءته الإدارية والتشغيلية ، ويمثل نظام (JIT) أحد المجالات الأساسية التى تؤدى إلى ذلك ، وخاصة فى بعض مجالات الخدمة التى تكون ملائمة لتطبيق هذا النظام .

إن مصفوفة الخدمة التى سبق عرضها فى الفصل الأول تكشف عن الأنواع الملائمة من الخدمات لهذا النظام كالخدمات الشبيهة بالتصنيع والخدمات السريعة ، وكما يقول (كراجوسكى ورتزمان Krajewski and Ritzman) فإن بيئات الخدمة تكون أكثر ترشيحًا لتطبيق نظام (JIT) إذا كانت عملياتها متكررة والخدمات تقوم بحجم كبير نسبيًا وتعالج مواد ملموسة مثل : الوجبات ، الصكوك ، الفاتورات ، والرسائل ، ويمكن إضافة خدمات أخرى مثل النقل والخدمات المخزنية وخدمات التعليم وغسل السيارات وخدمات غرفة العمليات وفى المقابل ؛ فإن خدمات الحجم الصغير مثل الحلاقة والتشخيص الطبى وغيرها والتى تتطلب مشاركة كبيرة (غير قياسية) من الزبون (لأنه جزء أساسى من تقديم الخدمة ، يكون تطبيق (JIT) صعبًا وغير كفءٍ فيها .

إن مجالات الاستفادة من نظام (JIT) فى الخدمات تتمثل فى تحسين الخدمة حيث يمثل هذا النظام مدخلاً مهمًا لتطوير الخدمات بشكل مستمر فى الأنشطة الاستشارية والإدارية والمحاسبية ، كما أن تخفيض المخزون الذى يحققه هذا النظام فى الصناعة يمكن الاستفادة منه فى الخدمات بتقليص عدد العاملين الذين يقومون بعملية معينة أو سلسلة من العمليات ، ولعل أكثر مفاهيم (JIT) أهمية فى هذا المجال هو الاقتراب من الزبون والعلاقات التى يجب تطويرها معه ؛ لكى تكون الخدمات المقدمة هى ما يحتاج إليه الزبون فعلاً فى الخدمات الواسعة والشبيهة بالتصنيع ، إضافة إلى تطوير العاملين وخط الخدمة الأول وتنويع مهاراتهم ؛ ليكون أكثر كفاءة فى تقديم الخدمة وسرعة الاستجابة لحاجات الزبون ، وهذا ما يعتبر فى الوقت الحاضر هو الضمانة فى نجاح الشركات الخدمية .

١١-٦- مزايا تطبيق نظام الوقت المحدد :

إن الأمثلة الكثيرة التى قدمها (شونبيرجر R.J.Schonberger) تكشف عن مزايا كبيرة ومتنوعة يمكن تحقيقها بتطبيق عناصر ومكونات نظام (JIT) ، ومن ذلك نذكر ثلاثة نماذج على سبيل المثال :

أ - الاقتصاد بالمخزون : حيث استطاعت شركة (Hewlett Packard) خفض المخزون أو العمل فى التشغيل (WIP) من (٢٢) يومًا كمخزون متاح إلى يوم واحد .

ب - تخفيض وقت التوريد والحركة حيث استطاعت شركة (Omark) فى أونتاريو ، تخفيض وقت التوريد من (٢١) يومًا إلى يوم واحد ، وتقليص مسافة التدفق من (٢٦٢٠) قدماً إلى (١٧٣) قدماً .

ج - التحسينات المتعددة : حيث استطاعت شركة جنرال إلكتريك خفض وقت توريد عمل أحواض الغسالات من (٦) أيام إلى (١٨) ساعة ، ومخزون المواد الأولية والمواد تحت التشغيل بأكثر من النصف ، والخردة وإعادة العمل بنسبة (٥١٪) ، ونداءات الخدمة الميدانية بنسبة (٥٣٪) .

أما الشركات اليابانية ، فإنها كشفت عن مزايا كثيرة نشير فى هذا الصدد إلى نتائج تطبيق هذا النظام على جدولة الإنتاج لآلات الديزل اليابانية ، فخلال خمس سنوات أدى تطبيق النظام إلى خفض الفترة التى يغطيها المخزون من (٨١) يومًا عام ١٩٧٥م إلى (٢٩) يومًا فى١٩٨٠ -١٩٨١م ، وازداد مؤشر مخرجات العامل خلال هذه الفترة على التوالى من (١٠٠٪) إلى (١٩١٪) ، كما انخفضت تكلفة الآلات ما بين (٣٨-٥٦٪) ، ومعدلات التلف ما بين (٤٤-٨٢٪) ، وتغير خط الإنتاج (لغرض التنوع فى المنتجات) بمعدل يتراوح بين (٢-١٤) مرة بالمقارنة مع الجدول قبل تطبيق نظام (JIT) .

كما كشفت دراسة أخرى مزايا التطبيق فى الشركات الأمريكية والبريطانية بتفصيل أكبر ؛ لتكشف عن مجالات التميز والتفوق التى يمكن أن يتمتع بها نظام (JIT) ، والجدول رقم (١١-١٣) يوضح هذه المجالات والمزايا والفوائد المتحققة .

جدول رقم (١١-١٣) : نتائج تطبيق نظام (JIT) فى عدد من الشركات

الخصائص		الشركات	
		الأمريكية (٪)	البريطانية (٪)
الأهداف الرئيسية لنظام (JIT)	- تخفيض وقت الإعداد	٨٣,٣	٦٤,٣
	- تطوير التنظيم الداخلى	٨٣,٣	٦٩,٣
	- استخدام آلات صغيرة	١٦,٧	٣٥,٧
	- استخدام عاملين متعددى المهارات والمهن	٨٣,٦	٤٣,٤
	- برنامج تدريب شامل	٦٦,٧١	٥٧,١
	- استخدام نظام كانبان	٦٦,٧١	٥٨,٧
الفوائد المتحققة من تطبيق (JIT)	- تحسين الجودة	٥٠,٠	٢٨,٦
	- زيادة الإنتاجية	١٦,٧	٣٥,٧
	- زيادة كفاءة الشركة	٥٠,٠	٦٩,٣
	- تحسين تصميم المنتوج	٣٣,٣	٥٠,٠
	- تحسين الموقع التنافسى	١٦,٧	٢٨,٦
	- تخفيض المخزون	٥٠,٠	٧١,٤
	- تخفيض فترات التوريد	٣٣,٣	٣٥,٧
	- تقليص المساحة	-	٥٧,١
	- تقليل تكلفة البيع	٦٦,٧	١٤,٣
	- تقليص العمل الورقى	٣٣,٣	٢١,٩

١١-٧- إمكانية الاستفادة من نظام الوقت المحدد :

إن الاستفادة من مفاهيم وعناصر (JIT) من قبل الإدارة والشركات العربية قد لا يكون الهدف منها تحقيق موقع تنافسى كما هو الحال فى هدف الشركات الكبرى فى الدول الصناعية المتقدمة ، إلا أن الهدف قد يكون فى تحسين استغلال الموارد

وتحقيق كفاءة أعلى من خلال تحسين الجودة ورفع الإنتاجية وخفض تكلفة المخزون ووقت دورة الإنتاج وتنوع المنتجات وغيرها .

ولاريب فى أن تطبيق نظام (JIT) الذى من الممكن تطبيقه كليًا أو جزئيًا ، يتطلب تشخيصًا دقيقًا وتقييمًا موضوعيًا لبيئة التطبيق بالنسبة للشركات العربية ، خاصة أن هذه البيئة لازالت تعانى من ضعف تطبيق المفاهيم والمبادئ والأساليب التقليدية وأن حسابات الكفاءة والفاعلية لازالت متدنية بشكل كبير ؛ مما يخلق أسبابًا ومبررات داخلية قوية ؛ من أجل التغيير والتحول نحو الأنظمة والأساليب الحديثة .

إن الشركات العربية رغم تجاربها الكثيرة والطويلة فى تطبيق أنظمة التكنولوجيا الحديثة وأنظمة إدارة الإنتاج ؛ فإن اهتمامها لازال محدوداً بنظام (JIT) رغم أهميته . ففى دراسة أجريت على (٥١) شركة سعودية تعمل فى المنطقة الشرقية : ظهر أن هذا النظام هو الأقل استخداماً فى الرقابة على المواد والإنتاج بالمقارنة مع الأتمتة وأنظمة التصنيع المتكامل (CIM) وإدارة الجودة الشاملة (TQM) .

ومع ذلك فإن قسماً مهماً من الشركات العربية الحديثة فى القطاعين العام والأهلى تمتلك المواصفات الأساسية للشركات الحديثة من حيث الوظائف الإدارية والوحدات التنظيمية والوظيفية والأساليب العلمية فى الإدارة والتنظيم ؛ مما يجعل هذه الشركات هى المجال الأكثر ملاءمة للاستفادة من تطبيق هذا النظام ، ومن أجل جعل هذا التطبيق فعالاً وأكثر قدرة على تحقيق الفوائد المرجوة نشير إلى العقبات المحتملة التى لابد من الاهتمام بها وتذليلها تمهيداً للتطبيق :

أولاً : موقف الإدارة العليا : من المحتمل أن تكون بعض الإدارات العليا غير مهتمة بتطبيق النظام ، إما بسبب ضعف الاطلاع أو ضعف الوعى الإدارى أو النقص الذى تعانى منه شركاتنا العربية فى سيادة الرؤية القصيرة الأمد (رؤية الفرصة السانحة) وتغليبها على الرؤية الطويلة الأمد ، والواقع أن تطبيق نظام (JIT) يمثل تغييراً جذريًا وقويًا لمفاهيم وأساليب الإدارة فى إطار نظرة طويلة الأمد تتدرج فى عناصر ومكوناتها حتى تغطى الشركة كلها .

ثانيًا : العلاقات المضطربة : هذه العلاقات قد تكون هادئة وطبيعية من الناحية الشكلية بين أطراف العملية الإنتاجية إلا أنها فى الحقيقة ليست كذلك ، وأن فترات الأزمات الاقتصادية توضح ذلك . وهذه العلاقات تتمثل بعلاقات الادارة – العمال ، الإدارة – الموردين ، والإدارة ـ الموزعين ـ الزبائن . ولاشك فى أن نظام (JIT) يتطلب قدراً من علاقات التعاون المستقرة والتفاهم المتبادل القائم على شراكة المصالح وليس تعارضها ؛ لهذا فإن العلاقات المضطربة تمثل عقبة حقيقية فى هذا المجال .

ثالثًا : تعدد مصادر الهدر فى عملية الإنتاج : لقد كشف نظام (JIT) وتطبيقاته عن وجود مصادر عديدة للهدر ، وقد لخّص (شينجو S. Shingo) سبعة مصادر للهدر ، وهذا المصادر هى :

أ ـ الهدر فى الإنتاج الزائد : تتم إزالته من خلال خفض فترة الإعداد ، تزامن الكميات المنتجة ، التوقيت بين العمليات ، دمج التنظيم الداخلى ، الجدوى وغيرها فى إطار الصنع لما هو مطلوب الآن .

ب ـ الهدر فى الانتظار : إزالته من خلال تزامن العمل و توازن التحميلات من خلال العمال المرنين والآلات المرنة .

ج ـ الهدر النقل : إزالته من خلال إنشاء ترتيبات داخلية تساعد على إلغاء النقل والمناولة غير الضروريين قدر الإمكان بعدئذ تحسين طرق وأساليب النقل والمناولة التى لا يمكن إزالتها .

د ـ الهدر فى المعالجة نفسها : ذلك بإزالة أية عملية إنتاجية يمكن إلغاؤها ، والتوقف عن إنتاج أى جزء غير ضرورى ، والعمل على توسيع التفكير الإنتاجى إلى ما بعد اقتصاديات الحجم والسرعة .

هـ ـ الهدر فى المخزون : إزالته بالعمل على خفض المخزون من خلال تقليص فترة الإعداد ، وفترة التوريد عن طريق تزامن تدفقات العمل وتحسين مهارات العاملين ، وكذلك من خلال تهدئة التذبذبات فى الطلب على المنتوج ، كما أن إزالة مصادر الهدر الأخرى تؤدى إلى خفض المخزون .

و ـ الهدر فى الحركة : إزالته من خلال دراسة الحركة لتحقيق الاقتصاد والاتساق ؛ فالاقتصاد بالحركة يحسن الإنتاجية والاتساق يحسن النوعية .

ز - الهدر فى صنع المنتجات التالفة : إزالته من خلال تحسين عمليات الإنتاج وتنظيمها للوقاية من التلف .

لاشك فى أن الجودة المتدنية تمثل هدرًا كبيرًا فى الموارد ، وأن إزالة هذا الهدر يمثل الهدف الأساسى لنظام (JIT) ؛ لذا فإن الاهتمام بوعى الجودة واعتبارها فى المرتبة الأولى ، وبأنها مسؤولية الجميع وإيجاد حوافز الجودة (على مستوى البلد والقطاع والشركة والقسم) يمثل ضرورة لابد منها فى الفترة الحالية ؛ حيث إن ظروف المنافسة تعتمد فى ميزتها التنافسية على الجودة العالية إلى جانب العوامل الأخرى .

رابعـًا : التخصص الزائد فى العمال والآلات : مزايا تقسيم العمل الزائد لم تعد تحظى بالاهتمام الكبير فى المصانع الحديثة ، ليس فقط بسبب المشكلات الإنسانية الناجمة عنه فى الملل والرتابة والاغتراب وغيرها ، وإنما أيضًا بسبب عدم المرونة التى لا تمكن من الاستجابة للتغيرات السريعة فى الإنتاج والسوق ؛ لهذا فإن التوجه العام فى المصانع الحديثة يتمثل فى تحقيق المزيد من المرونة ، من خلال تعدد مهارات العامل وإغناء وتوسيع العمل . إن نظام (JIT) يعتمد على نمط العمال متعددى المهارات ؛ وكذلك خط الإنتاج الذى يقوم بإنتاج عائلة من المنتجات (تكنولوجيا المجاميع) ؛ لهذا فإن الشركات العربية بحاجة إلى الاهتمام بهذا التوجه المستقبل ، فبعد فترة طويلة من الاهتمام باقتصاديات الحجم بدأ الاهتمام يتزايد ، وأسماه (جولدهار J.Goldhar) اقتصاديات النطاق الذى أشار فيه إلى أن من الأكفأ أن تنتج نفس المعدات مجموعة متنوعة من المنتجات ، وهذا التوجه يتكامل مع توسيع وتعميق برامج التدريب باتجاه مجموعة المهن بدلاً من المهنة الواحدة ؛ من أجل إشاعة نمط العمال متعددى المهارات فى المصانع العربية ، وهو النمط المطلوب من العمال فى نظام (JIT) .

خامسًا : وعى الجودة : لازالت الجودة فى المصانع والأسواق العربية لا تحتل الأولوية الأعلى ، وقد يعود إلى النقص (الكمى) فى السلع والخدمات ؛ مما يجعل الجودة فى الكثير من الأسواق العربية ليست بالأهمية التى تحتلها فى دول

كثيرة ، وبخاصة فى الدول المتقدمة . كما أن ضعف الوعى بالجودة قد يكون هو السبب الأكثر تأثيراً ؛ لأنه فى أحيان كثيرة قد تكون السوق العربية تتسم بالتنظيم والنضوج ، إلا أننا نجد الجودة فى المنتجات الوطنية ليست بالمستوى المطلوب . والواقع أن وعى الجودة بقدر ما هو ضرورة على مستوى العاملين فى الشركة وعلى جميع المستويات : فإنه ضرورية أيضًا على مستوى زبائن الشركة الذين يجب على الشركة أن أكثر شفافية وانفتاحًا عليهم ؛ لأنهم سيمثلون مصدراً أساسيًا للتطوير المستمر لمفاهيم وأساليب ومنتجات الشركة . لابد أن تكون أكثر اقتراباً من السوق ، وأن تولى السوق والزبائن اهتماماً يمكنها من أن تمتلك آلية مهمة لمتابعة التطورات الحاصلة فيه .

سادسًا : النظرة السلبية للمشكلات : إن المشكلة هى نقص أو ضعف أو عقبة فى العمل ، ومهما كانت المشكلة صغيرة وضئيلة ؛ فإنها تشكل عقبة غير مرغوبة فى العمل ؛ لهذا لا بد من إزالتها . وقد تكون النظرة السلبية الشائعة فى الكثير من مصانعنا العربية هى أن المشكلة مادامت صغيرة وغير متفاقمة فمن الممكن التعايش معها ؛ فالآلة التى قد تتوقف (عشر دقائق) كل يوم أو كل يومين ليست مشكلة كبيرة ، والعامل الذى يتأخر عن العمل لفترة وجيزة ، وعدم نقل المنتوج النهائى من موقع العمل فى أوقات محددة وغيرها الكثير أمور مألوفة . والواقع أن هذه الحالة قد تكون سببًا فى إشاعة نمط متساهل من التعامل ونظرة سلبية إلى المشكلات واعتبارها جزءًا لا يتجزأ من موقع العمل ، بما يجعل هذه المصانع ضحية لمظاهر مختلفة من قانون ميرفى (Murphy's Law) . حيث الأخطاء يمكن أن تستمر بالظهور لمرات ومرات جراء هذه النظرة السلبية للمشكلات والقبول بالتعايش معها .

إن هذه العقبات التى تعانى منها المصانع العربية بهذا القدر أو ذلك لا يمكن أن تقف حائلاً دون الاستفادة من المفاهيم والأساليب الجديدة التى جاء بها نظام (JIT) ، بل إنها على العكس لابد من أن تكون دافعًا قويًا للإدارة العربية سواء فى هذه المصانع ، أو فى مراكز البحوث الإدارية والتطوير الإدارى والجامعات والمعاهد المعنية بالتنمية الإدارية ؛ من أجل العمل الدؤوب لإزالتها والحد من آثارها لتهيئة المستلزمات الضرورية للتطبيق الناجح والفعال لهذا النظام .

الأسئلة :

١ - قارن بين إنتاج الوقت المحدد (JIT) وإنتاج الحالة المحددة (JIC) .

٢ - ماهى الأسباب الأساسية التى أدت إلى ظهور نظام الوقت المحدد فى اليابان قبل غيرها ؟

٣ - قارن بين ثلاثة تعريفات قدمت لنظام الوقت المحدد ، وماهى الأسباب التى أدت إلى اختلاف المختصين فى إدارة العمليات فى تعريف هذا النظام .

٤ - صف الأهداف الصفرية السبعة لنظام الوقت المحدد .

٥ - ماذا نعنى بالآتى :

أ - المفهوم الغربى للقيمة المضافة .

ب - الموارد الدنيا المطلقة .

ج - نظام أندون .

د - تحليل يو - يو .

٦ - قارن بين نظام السحب ونظام الدفع وما هى مزايا كل منهما ؟

٧ - وضح لماذا يعتبر المخزون مصدر الشرور فى نظام الإنتاج .

٨ - كيف يمكن تفسير عدم اعتماد نظام الوقت المحدد على نماذج المخزون فى تحديد كمية الطلبية الاقتصادية ؟

٩ - ما هو تأثير تخفيض حجم الوجبة على المخزون تحت التشغيل والوقت المستغرق فى التشغيل ؟

١٠- ما هو تأثير تقليص وقت الإعداد لوجبة الإنتاج على كلفة الإعداد الكلية السنوية ؟

١١- ماذا نعنى بما يأتى : المصنع البؤرى ، تكنولوجيا المجاميع ، والعمال متعددو المهارات ؟

١٢- كيف يمكن توضيح نظام السحب فى نظام كانبان ؟

١٣- ما هى المزايا التى يمكن أن يحققها نظام الوقت المحدد ؟

١٤- ما هى أهم العقبات المتوقعة عند تطبيق نظام الوقت المحدد فى الشركات الصناعية العربية ؟

١٥- ما هى الخصائص الأساسية للشركة الخدمية من أجل تطبيق نظام الوقت المحدد ؟

المراجع :

أولا - الكتب :

١ - وليم . ج أوشى "النموذج اليابانى فى الإدارة : نظرية Z" ترجمة حسن محمد يسن ، الرياض ، مطابع معهد الإدارة ، ١٩٨٥م .

٢ - ر. ت . باسكال و أ . ج أثوس "فن الإدارة اليابانية" ترجمة حسن محمد يسن ، الرياض ، مطابع معهد الإدارة ، ١٩٨٦م .

(3) E. Adam Jr., and R. J. Ebert, Production and Operations Management, Printice - Hall of India Private Lmd, New Delhi. 1993 .

(4) D. Bain, The Productivity Prospective, McGraw Hill-Book Co. New York. 1982.

(5) E. S. Buffa, Modern Production Management, John Willy and Sons New York 1973.

(6) T. C. Cheng, Just-In-Time Manufacturing : An Introduction,Champan &Hall Inc. London,1993 .

(7) D. Delmar, Operations and Industrial Management, McGraw Hill-Book Co. New York. 1982 .

(8) G. A. B. Edwards, Reading in Group Technology, Machinery Publishing Co. London.

(9) C. A. Gallagher and W. A. Knight Group Technology Production Methods in Manufacturing, Ellis Horwood Publishers , Chinchester. 1986 .

(10) E. J. Hay, The Just-In Time Breakthrough, John Willy and Sons New York 1988.

(11) J. Hiezer and B. Render, Production and Operations Management, Allan and Bacon, Inc. Boston. 1993.

(12) Ch. T. Horngren and G. Foster, Cost Accounting : A Managerial Emphasis, Printice-Hall International, Inc. UK. 1987 .

(13) J. M. Ivancevich et al., Management : Principles and Functions, Irwin, Home-wood Boston. 1989.

(14) J. Krajewski and B. Ritzman, Operations Management : Strategy and Analysis, Addison Wesley Publishing Co.Reading. Massachusette 1996 .

(15) J. G. Monks, Operations Management : Theory and Problems, McGraw Hill-Book Co. New York. 1982 .

(16) R. Peterson and E. A. Silver, Decision System for Inventory and Production Planning, John Willy and Sons, New York 1973.

(17) R. J. Schonberger, Japanese Manufacturing Techniques : Nine Hidden Lessons in Simplicity, Free Press. New York . 1982.

(18) R. G. Schroeder, Operàtions Management McGraw Hill-Book Co. New York. 1993.

(19) M. K. Starr, Managing Production and Operations, Printice-Hall, cliffs New Jersey. 1989.

(20) W. J. Stevenson, Production and Operations Management Irwin, Homewood. Boston 1990.

ثانيا - الدوريات :

(1) A.Andijani, S.Selim, The Practice of Production Control Techniques in the-Manufacturing Sectors in the pravince of Saudi Arabic, International Journal of production Economics, 43, 1996.

(2) L. B. Crosby, The Just-In Time Manufacturing Process : Control of Quality Production and Inventory Management, 4th Quarter, 1984.

(3) D. O. Nellemann and L. F. Smith, JIT Vs Just-In-Case System Production and Inventory Management ,2nd Quarter, 1984 .

(4) R. G. Schroeder, JIT Hits American Industry But Not Without Drawbacks, Purchasing, September II.

(5) W. Skinner, The Focused Factory, HBR May-June, 1974 .

(6) P. H. Zipkin, Does Manufacturing Need a JIT Revolution ? HBR. Jan-Feb 1991.

الفصل الثانى عشر : تكنولوجيا الإنتاج المثلى

١٢ – ١ – المدخل .

١٢ – ٢ – نظام تكنولوجيا الإنتاج المثلى .

١٢ – ٣ – التميز بين الاختناق واللااختناق .

١٢ – ٤ – قواعد تكنولوجيا الإنتاج المثلى .

١٢ – ٥ – محاسبة الكلفة وتقييم الأداء :

أولاً : مقاييس الكفاءة .

ثانياً : التحميل المتوازن للمصنع .

ثالثاً : ظاهرة عصا الهوكى .

١٢ – ٦ – معالجة الاختناق فى تكنولوجيا الإنتاج المثلى .

١٢ – ٧ – برمجية تكنولوجيا الإنتاج المثلى .

١٢ – ٨ – مزايا وعيوب تكنولوجيا الإنتاج المثلى .

١٢ – ٩ – المقارنة بين (OPT) و(MRP) و(JIT) .

الأسئلة .

المراجع .



١٢-١- المدخل :

إن تكنولوجيا الإنتاج المثلى (Optimized Production Technology) نظام حديث لجدولة الإنتاج حسب الطلب أو الوجبة فى حالة الإنتاج المتكرر والمتنوع ؛ مما يتطلب جدولة مستمرة لمنتجات مختلفة وبوجبات متباينة يتم أداؤها فى عمليات ومراكز عمل عديدة . وهو نظام حاسبة يستخدم برمجيات خاصة به تساعده على إنجاز عمليات النظام الأساسية حسب البيانات الخاصة بكل مصنع والتى تمثل مدخلات النظام عند تطبيقه . وقد طور جولدرات (E.Goldratt) تكنولوجيا الإنتاج المثلى ورمزها المختصر والمعروف هو (OPT) ، وهو نظام ملكية حيث لا زال يطبق مع المحافظة على الخوارزمية السرية (Secret Algorithm) للنظام ؛ مما يجعله غير متاح للاستخدام العام . كما أن المعلومات عن عمله ونتائجه محدودة ؛ لهذا فإن المقارنات التفصيلية عن أدائه مع الأنظمة الأخرى غير متاحة ، رغم أن هذه المقارنة ذات أهمية كبيرة ؛ لأن (OPT) قد اعتبره (روبرت فوكس R.E.Fox) بمثابة الإجابة من أجل أمريكا فى مواجهة نظام الوقت المحدد ، وبشكل خاص نظام كانبان اليابانى فى تخطيط وجدولة الإنتاج ، ولأنه أيضًا يمثل لدى البعض الجدة فى بعض المفاهيم والبراعة فى معالجة مشكلات التخطيط والجدولة فى أنماط الإنتاج المعقدة (حسب الطلب والوجبة) وتحقق الأمثلية فى استغلال الموارد . ومع ذلك فإن المتاح من تطبيقات (OPT) لا يساعد على إجراء مقارنات حقيقية مع الأنظمة المستخدمة فى هذا المجال ، وبالأخص نظام تخطيط الموارد الصناعية (MRP) ونظام الوقت المحدد (JIT) .

لابد من تقديم ملاحظة مهمة فى هذا المجال تتمثل فى قلة المصادر المنشورة عن نظام (OPT) ، وليس أدل على هذا من أن الكتب المنهجية فى إدارة العمليات (باللغة الإنجليزية) لازالت تقدم نبذة تعريفية مختصره جداً عن هذا النظام مع استثناءات محددة جداً ، منها كتاب جيمى براون وزملائه (J.Browne, et al.) بعنوان : "أنظمة إدارة الإنتاج" عام ١٩٨٨م والذى تضمن فصلين عن هذا النظام ، أما الدوريات فقد اشتملت على عدد من الدراسات والمقالات التى ركزت على بعض جوانب النظام

ومقارنته مع الأنظمة الأخرى على مستوى المفاهيم وأساليب معالجة مشكلات التخطيط والجدولة ، وليس على مستوى نتائج التطبيق . ورغم أن خوارزمية النظام سرية ، وأن استخدامها يعتمد على برمجيات النظام ؛ فإن ما تم نشره عن (OPT) يؤكد إمكانية التطبيق والاستفادة من هذا النظام حتى فى حالة عدم استخدام الحاسبة ، وهذا ما سنقوم به فى هذا الفصل حيث سنعرض المفاهيم والأساليب التى تمثل آلية عمل هذا النظام .

ولابد من الإشارة إلى أن هناك وجهتى نظر حيال (OPT) وما يمثل من إمكانيات ووعود فى جدولة الإنتاج بين المختصين بإدارة الإنتاج هما :

الأولى : ترى أن عصر الأمثلية فى الإنتاج قد بدا مع الحاسبة بما يمكن من تحقيق أقصى كفاءة فى الإنتاج من حيث الكم (الاعتمادية والكلفة) ، ومن حيث الخصائص الأكثر استجابة لحاجات الزبائن والمرونة والجودة ، وأن نظام (OPT) هو واحد من النظم التى تعد بتحقيق الأمثلية فى جدولة الإنتاج المعقدة ؛ لأنه فى المحصلة النهائية يؤدى إلى الكفاءة الأعلى فى استغلال الموارد ، وبالتالى تحقيق مخرجات أكبر ، مخزون أقل ، ونفقات تشغيلية أدنى ، ووفق دعاة هذه النظرة فإن (OPT) يحقق الجدولة المثلى ؛ وهذا ما يجعله مصدراً قوياً لتحقيق الميزة التنافسية التى تساعد الشركات على منافسة الشركات الأخرى التى تتبع أنظمة الإنتاج الأخرى .

الثانية : ترى أنه رغم كل المزايا فى (OPT) بوصفه يقدم مفاهيم ومعالجة جديدة تساهم فى تحسين الجدولة ، إلا أنه قد يمثل سراباً آخر ، فكما تبين فيما بعد أن حملة تخطيط الاحتياجات من الموارد فى السبعينيات لم تنجح وتعالت الدعوات فى بداية الثمانينيات إلى ضرورة حماية أداء الثمانينيات من تدنى أداء السبعينيات ؛ فقد تعالت من جديد الدعوات لحماية الأداء من حملة (OPT) بعد حين ، وإن كان (OPT) سيحتاج فترة أطول ؛ لأن تجربتنا عنه لازالت محدودة بسبب الخوارزمية السرية ؛ مما يبقى (OPT) لفترة أخرى كما يقال قصة غير مسرودة يصعب البت فيها بسهولة .

١٢-٢- نظام تكنولوجيا الإنتاج المثلى :

فى البدء هناك ملاحظتان تردان على تسمية تكنولوجيا الإنتاج المثلى وهما ، أولاً : أن كلمة (Optimized) تعنى المثلى ، وهذا المصطلح له معنى علمى محكم ، ولكنّ نظام (OPT) بهذا المعنى ليس هو الأمثل ، وثانيًا : أن (OPT) هو نظام من أنظمة إدارة العمليات لتخطيط وجدولة الإنتاج ، وهذا يعنى أنه ليس تكنولوجيا كما توحى بذلك تسمية تكنولوجيا الإنتاج المثلى .

ويمكن تعريف تكنولوجيا الإنتاج المثلى (OPT) بأنه نظام حاسبة لتخطيط الإنتاج الذى يقوم على تحديد مراكز عمل الاختناق ؛ من أجل توجيه الموارد والمواد المتعلقة بالاختناقات لتعظيم المخرجات وخفض المخزون وتقليص النفقات التشغيلية ، وهذا التعريف يوضح خصائص أساسية لنظام (OPT) وهى :

أولاً : أنه نظام حاسبة حيث إن هناك برمجيات خاصة بالنظام تطبق بمساندة الحاسبة .

ثانيًا : أنه نظام لتخطيط وجدولة الإنتاج ، وأن هدفه الأساسى هو الجدولة المثلى التى تحقق المخرجات الأعلى والمخزون الأدنى والنفقات التشغيلية الأقل .

ثالثًا : أن السمة الأساسية لنظام (OPT) هى تأكيده على موارد الاختناق (العمل والآلات) . والواقع أن نظام (OPT) يقوم على أن إدارة الاختناق هى المفتاح الأساسى للأداء الناجح فى جدولة الإنتاج . فماذا نعنى بالاختناق ؟ وكيف نميز بين عمليات أو موارد الاختناق وعمليات أو موارد اللااختناق ؟

١٢-٣- التمييز بين الاختناق واللا اختناق :

إن المنطلق فى نظام (OPT) هو التمييز بين عمليات الاختناق (Bottleneck Operations) وعمليات اللااختناق (Non-Bottleneck Operations) ، والأولى تمثل عمليات حرجة نسبة الاستغلال فيها تصل إلى ما يقارب (١٠٠٪) ، بينما عمليات اللااختناق تكون نسبة استغلال سعة المورد (الآلة أو العامل) منخفضة ؛ لهذا يمكن التعامل معها بمرونة .

ومن المفاهيم الأساسية التى ارتكز عليها نظام (OPT) هى أن تحسين عمليات اللااختناق وهم وسراب لا جدوى فيه ؛ لأن هذه العمليات فى الأصل تتسم بالسعة

الفائضة وعند تحسين استغلال هذه السعة ، فإنها لا تزيد من المخرجات التى يكون معدلها محدداً بمعدل مخرجات عملية الاختناق ، وإنما تؤدى إلى زيادة المخزون فى التشغيل . وأن التحسين الأهم يجب أن ينصب على زيادة معدل مخرجات عمليات الاختناق ؛ لأن هذا المعدل هو الذى يحدد سعة النظام كله وهو الذى يصنع النقود . والمثال (١٢-١) يوضح ذلك .

مثال (١٢-١) :

فى ورشة هناك ثلاث عمليات : القطع ، والتشكيل ، والطلاء تستخدم فى معالجة الجزء (س-٢٠) ، والجدول أدناه يتضمن البيانات الخاصة بذلك الجزء ، وكانت هناك طلبية على هذا الجزء بمقدار (٢٠٠) وحدة مطلوب تسليمها فى الفترة القادمة ، وكان أسبوع العمل يتكون من (٤٠) ساعة عمل . المطلوب تحديد عمليات الاختناق ، واللااختناق ، وما هو معدل المخرجات الأقصى من الجزء فى الأسبوع ، ولماذا ؟

الوقت	العمليات		
	القطع	التشكيل	الطلاء
وقت الإعداد	١١ دقيقة	٢٠ دقيقة	١٥ دقيقة
وقت المعالجة	٣٥	٥٠	٢٥
وقت النقل	١١	٥	١٤

الحل :

احتساب الوقت اللازم لإنجاز العمليات الثلاث (إنتاج ٢٠٠ وحدة من الجزء س-٢٠)

الوقت اللازم - عملية القطع = (١٥+١٣+١٠) × ٢٠٠ = ١٢٠٠٠ دقيقة = ٥ أسابيع .

معدل المخرجات / أسبوع = ٢٠٠ ÷ ٥ = ٤٠ وحدة .

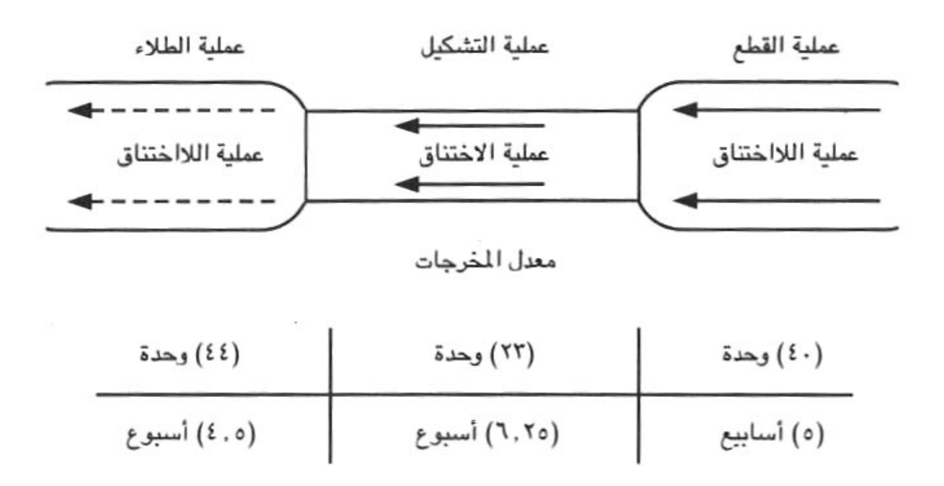
الوقت اللازم - عملية التشكيل = (٢٠+٥٠+٥) × ٢٠٠ = ١٥٠٠٠ دقيقة = ٦,٢٥ أسبوع .

معدل المخرجات / أسبوع = ٢٠٠ ÷ ٦,٢٥ = ٣٢ وحدة .

الوقت اللازم - عملية الطلاء = (١٥+٢٥+١٤) × ٢٠٠ = ١٠٨٠٠ دقيقة = ٤,٥ أسبوع .

معدل المخرجات / أسبوع = ٢٠٠ ÷ ٤,٥ = ٤٤ وحدة .

يلاحظ أن عمليتى القطع والطلاء لا تواجهان مشكلة فى الإيفاء بالطلبية فى موعدها ، وهما عمليتان بدون اختناق ، وبالتالى تواجهان نقص استغلال السعة عند تنفيذ الطلبية . فى حين أن عملية التشكيل تواجه مشكلة فى الإيفاء بالطلبية وهى عملية اختناق ؛ لأن مخرجاتها أقل من معدل مخرجات العملية التى تسبقها والعملية التى تتبعها .



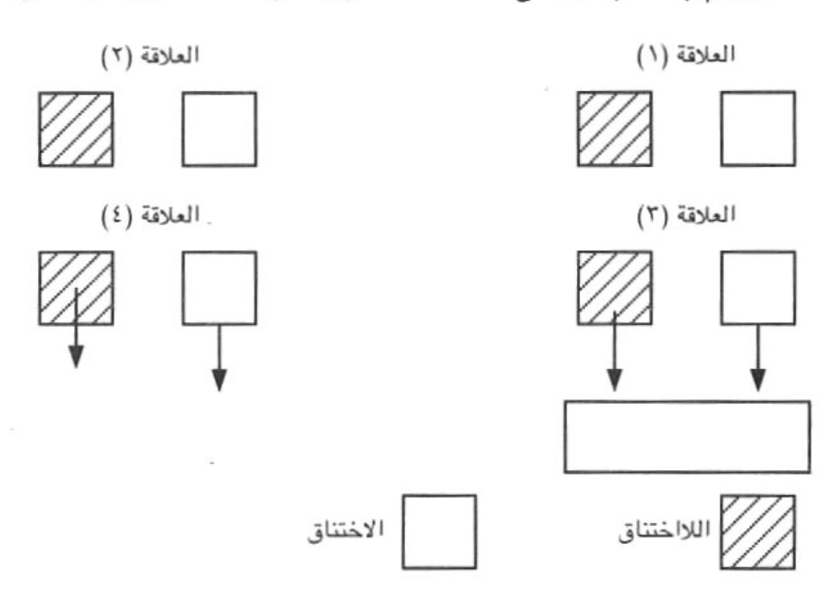
(٤٠) وحدة	(٢٣) وحدة	(٤٤) وحدة
(٥) أسابيع	(٦,٢٥) أسبوع	(٤,٥) أسبوع

إن عملية الاختناق بسبب ذلك تؤدى إلى خفض سعة أو معدل مخرجات النظام كله إلى مستوى معدل مخرجاتها . والشكل يوضح ذلك .

يلاحظ من الشكل أعلاه أن معدل المخرجات الأقصى لا يتحدد بعمليات اللااختناق ، إنما عملية الاختناق هى التى تحدد ذلك فتكون مخرجات العمليات مساوية لمخرجات عملية الاختناق ، أى (٣٢) وحدة / أسبوع وهى تمثل معدل السعة فى النظام كله .

وهناك أربعة أنواع من العلاقات الأساسية التى يمكن أن توجد بين عمليات الاختناق وعمليات اللااختناق والشكل رقم (١٢-١) يوضح هذه العلاقات وللتوضيح نعرضها فيما يلى :

الشكل رقم (١٢-١) : يوضح هذه العلاقات بين عمليات الاختناق واللااختناق



أولاً : العلاقة (١) : فى هذه العلاقة فإن المنتجات تتدفق من مصدر أو عملية الاختناق إلى مصدر أو عملية اللااختناق وفى المثال السابق (١٢-١) ؛ فإن عملية التشكيل تمثل عملية اختناق وتستخدم السعة بنسبة (١٠٠٪) ، وتتناسب منها المخرجات بمعدل ٣٢) وحدة / أسبوع إلى عملية الطلاء (اللااختناق) التى تستخدم الوقت بنسبة (٧٣٪) ؛ لأن سعتها (٤٤) وحدة لا تستخدم منها سوى (٣٢) وحدة فقط ، أى أن نسبة (٢٧٪) من وقت عملية الطلاء فى الأسبوع لا ترد إليها فيه مخرجات من عملية الاختناق (التشكيل) ؛ فيكون ذلك وقتًا عاطلاً اضطراريًا ، وعند ازدياد الطلب فإن عملية الطلاء نظريًا تكون قادرة على الإيفاء بتحميل زائد ، ولكن لا تستطيع ذلك ؛ لأن عملية التشكيل (الاختناق) تقيدها بمحدودية انسياب المنتجات منها .

ثانيًا : العلاقة (٢) : فى هذه العلاقة فإن جميع المنتجات تنساب من عملية اللااختناق إلى عملية الاختناق . وفى المثال السابق نفسه فإن هذه العلاقة تظهر فى

انسياب المنتجات من عملية القطع (اللااختناق) التى تستخدم (٨٠٪) من الوقت المتاح إلى عملية التشكيل (الاختناق) التى تستخدم بشكل اعتيادى الوقت بنسبة (١٠٠٪) . وأن عملية القطع يمكن أن تزيد مخرجاتها بنسبة (٢٠٪) ؛ لتصل النسبة إلى (١٠٠٪) من الوقت ، إلا أن هذا سيؤدى إلى تراكم المخزون أمام عملية التشكيل (الاختناق) ، وهذا يقود إلى زيادة المخزون دون أية زيادة فى مخرجات النظام الكلية .

ثالثًا : العلاقة (٣) : فى هذه العلاقة تكون هناك عملية الاختناق (مثل عملية التشكيل) وعملية اللا اختناق (مثل عملية القطع) ، وكلتاهما تغذيان عملية ثالثة لتجميع مخرجات العمليتين (التشكيل والقطع) . ولنفرض أن عملية التجميع تتطلب وحدة واحدة من مخرجات التشكيل والقطع فى كل منتوج ، فى هذه الحالة فإن عملية التشكيل (الاختناق) تعمل عند مستوى استغلال الوقت بنسبة (١٠٠٪) ، وعملية القطع (اللااختناق) بنسبة (٨٠٪) لتزويد عملية التجميع بالمنتجات اللازمة (مساوية لمخرجات عملية التشكيل) ، وعند زيادة الطلب فإن عملية القطع يمكن أن تزيد مخرجاتها ، ولكن هذه الزيادة ستؤدى إلى تكوين مخزون قبل عميلة التجميع : لأن عملية التشكيل (الاختناق) لن تستطيع زيادة مخرجاتها ؛ فهى إذن التى تحدد مخرجات عملية التجميع وبالتالى مخرجات النظام كله .

رابعًا : العلاقة (٤) : فى هذه العلاقة الأخيرة توجد عمليتان تلبيان الطلبات على المخرجات بشكل مستقل ، وفى مثالنا لنفرض أن عملية القطع تنجز لتلبية طلبات وعملية التشكيل تنجز لتلبية طلبات ، وفى هذه الحالة أيضًا فإن عملية القطع تعمل بنسبة (٨٠٪) من الوقت وعملية التشكيل (الاختناق) تعمل بنسبة (١٠٠٪) من الوقت ، وتظل عملية القطع (اللااختناق) محددة بمخرجاتها بسعة أو معدل مخرجات عملية التشكيل .

فى هذه الأنواع الأربعة من العلاقات فإن نفس النتيجة تتحقق وهى أن عمليات اللااختناق يجب أن تعمل عند مستوى منخفض من استغلال السعة أو عند الاستغلال الكافى الذى يلائم عملية الاختناق ، مع ضرورة الوقاية من بناء مخزون أو مواد تحت التشغيل (WIP) عند عملية الاختناق ، وكذلك المحافظة على أن تعمل عملية الاختناق فى حالة استغلال كامل (١٠٠٪) .

إن الخطة المقترحة فى هذه العلاقات هى ضمان الاستغلال الكامل لموارد الاختناق فى كل الأوقات ، أما ما يتعلق بموارد اللااختناق فإن استخدامها الكفء لا يعنى استغلالها بشكل كامل ، أى بنسبة (١٠٠٪) فى كل الأوقات ، بل يجب أن تتحمل وقتًا عاطلاً اضطرارياً مع مراعاة أنه فى نظام (OPT) لا يعتبر هذا الوقت العاطل محدداً لكفاءة الشركة ؛ لأن استغلاله سوف يؤدى إلى مخزون زائد بدون زيادة مناظرة فى مخرجات المصنع .

١٢-٤ - قواعد تكنولوجيا الإنتاج المثلى :

كما أشرنا فإن نظام (OPT) رغم أنه يعتمد على الحاسبة ، إلا أن بالإمكان الاستفادة من مفاهيمه وقواعده التى جاء بها فى التطبيق حتى فى حالة عدم استخدام الحاسبة ، وأن القواعد العشر لهذا النظام توضح الفكرة الأساسية للنظام ، ونعرض فيما يأتى لهذه القواعد :

القاعدة الأولى : إن مستوى استغلال موارد (أو عملية) اللااختناق لا يتحدد بإمكاناته الخاصة بل من خلال محدد آخر فى النظام .

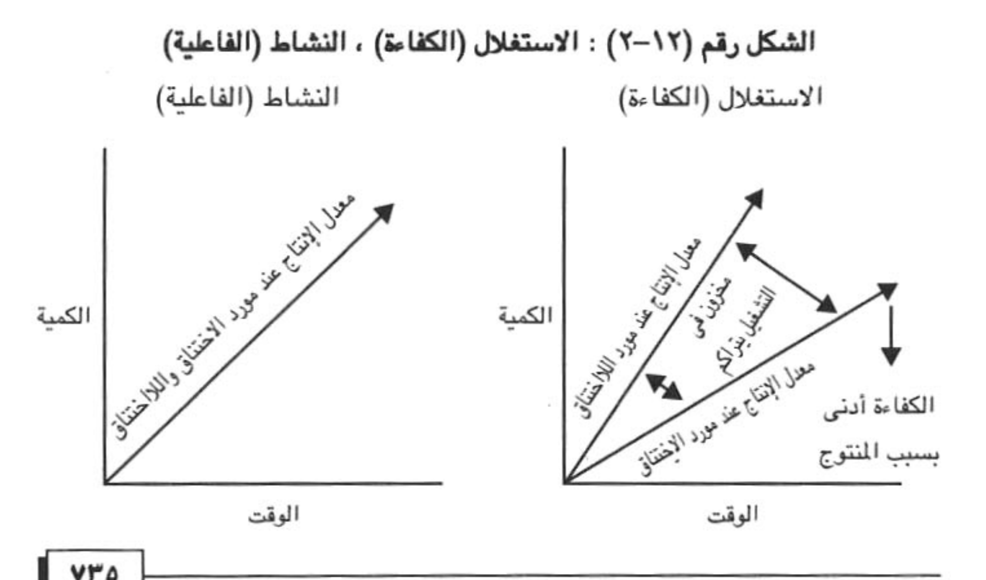
ولتوضيح هذه القاعدة نشير إلى أن العلاقات (١) (٢) و(٣) التى سبق عرضها أظهرت أن الاستخدام لمورد اللااختناق كان محدداً بمورد الاختناق ، وليس بسعته الخاصة ؛ لأن استخدام سعته الخاصة بشكل كامل لن يكون ذا جدوى ، بل سيؤدى ذلك الاستخدام الكامل إلى بناء مخزون أكبر فى التشغيل . أما العلاقة (٤) فإن القيد المطبق على اللااختناق هو طلب السوق ؛ لهذا فإن هذه القاعدة تفرض أن يجدول مورد اللااختناق على أساس القيود الأخرى فى النظام ، وفى مقدمتها ما يستطيع مورد الاختناق امتصاصه من المخرجات ؛ لتجنب زيادة المخزون والنفقات التشغيلية .

القاعدة الثانية : إن استغلال المورد ونشاط المورد بفاعلية ليسا مترادفين .

إن هذه القاعدة تقوم على أن تشغيل الموارد بمستوى العمل المطلوب لا يساوى عادة بالضرورة استخدام هذه الموارد بكامل سعتها ؛ لهذا من الضرورى التمييز بين الاستغلال بكفاءة ؛ أى ما يستطيع المصنع عمله وبين النشاط بفاعلية ،

أى ما يجب على المصنع عمله . تقليدياً فإن الاستغلال والنشاط بفاعلية كانا يعتبران الشىء نفسه أو مترادفين ، إلا أن نظام (OPT) يؤكد على التمييز المهم بين القيام بالعمل غير المطلوب فى وقت معين لمجرد أننا نستطيع القيام بذلك (الاستغلال) وبين القيام بالعمل المطلوب (النشاط بفاعلية) . فمثلاً إن عاملاً يمكن أن يعمل على مورد اللااختناق ، ويحقق الاستغلال لهذا المورد بنسبة (١٠٠٪) ، فإذا كان (٨٠٪) من مخرجات هذا المورد فقط يتم امتصاصها من المورد اللاحق الذى يفترض أنه مورد اختناق ، عندئذ سيخصص (٢٠٪) من استغلال مورد اللااختناق ببساطة لبناء المخزون . ومن وجهة نظر مورد اللااختناق فإننا يمكن أن نبرهن أننا حققنا كفاءة (١٠٠٪) ، ولكن من وجهة نظر النظام فإننا استخدمنا هذا المورد بفاعلية بنسبة (٨٠٪) ، ويوضح الشكل رقم (١٢-٢) هذه الحالة ؛ لهذا فإن الاستغلال يرتبط بالكفاءة ؛ بينما النشاط يرتبط بالفاعلية ، والكفاءة هى معيار جزئى والفاعلية هى معيار النظام أى معيار كلى .

الشكل رقم (١٢-٢) : الاستغلال (الكفاءة) ، النشاط (الفاعلية)



السؤال الذى يطرح نفسه هو : كيف يمكن تحسين الفاعلية أو الكفاءة الكلية على مستوى النظام كله ؟ والإجابة بالعلاقة مع وقت الإعداد ؛ فالوقت المتاح لمورد الاختناق يمكن أن يكون مقسمًا إلى وقت التشغيل ووقت الإعداد ، أما مورد اللااختناق فإنه يشمل أيضًا على وقت عاطل . والشكل رقم (١٢-٣) يوضح هذا التقسيم فى مورد الاختناق ومورد اللااختناق .

الشكل رقم (١٢-٣) : تقسيم الوقت عند موردى الاختناق واللااختناق

مورد الاختناق

وقت الإعداد	الوقت التشغيل (المعالجة)

مورد اللااختناق

وقت الإعداد	وقت عاطل	الوقت التشغيل (المعالجة)

يلاحظ من الشكل أنه عند التمكن من الاقتصاد بساعة من وقت الإعداد فى مورد الاختناق ؛ فإننا سنزيد وقت التشغيل بمقدار الساعة المقتصدة ، ولأن الاختناق يحدد طاقة النظام كله ؛ لذا فإن هذه الساعة تكسب لصالح النظام كله ، وبخلاف ذلك عند الاقتصاد بساعة من وقت الإعداد فى مورد اللااختناق ؛ فإنها لن تزيد وقت التشغيل فعليًا ، وإنما ستزيد الوقت العاطل بمقدار ساعة . وهناك ميزة واحدة لخفض وقت الإعداد فى مورد اللااختناق تتمثل فى أنه يساعد على خفض حجم الوجبة ، ومع أن حجم الوجبة الأصغر لا يزيد المخرجات إلا أنه يؤدى إلى خفض مستوى المخزون وبعض النفقات التشغيلية . وتظل هناك ملاحظة مهمة هى أن تعدد وتنوع الوجبات يؤدى فى أكثر الأحيان إلى أن يكون المورد الواحد فى بعض الوجبات مورد اختناق ، وفى وجبات أخرى مورد لااختناق ؛ ولهذا فإن الاقتصاد بساعة فى وقت إعداد مورد اللااختناق من جدولة معينة يكون كسبًا لساعة حقيقية للنظام كله فى جدولة أخرى عندما يكون هذا المورد فيها مورد اختناق .

القاعدة الثالثة : إن ساعة ضائعة عند مورد الاختناق تكون ساعة ضائعة للنظام كله .

إن هذه القاعدة تؤكد على أن الاستغلال الكامل (١٠٠٪) لمورد الاختناق يجب أن يكون الهدف الأساسى لإدارة العمليات فى نظام (OPT) ؛ لأن أية ساعة تضيع فى هذا المورد ستؤدى إلى تخفيض السعة أو معدل المخرجات فى النظام كله ؛ لهذا فإن كل إجراء يمكن أن يؤدى إلى تقليص وقت بقاء مورد الاختناق مشغولاً يجب تجنبه وإزالته .

القاعدة الرابعة : إن ساعة مقتصدة عند مورد اللااختناق هى مجرد سراب .

إن الوقت المقتصد عند اللااختناق لا يؤثر على سعة النظام ؛ لأن سعة النظام تكون محددة بمورد الاختناق ، وبالتالى فهذا الوقت المقتصد عند مورد اللااختناق لا يضاف إلى وقت التشغيل لعدم الجدوى من ذلك ، وإنما يضاف إلى الوقت العاطل .

القاعدة الخامسة : إن الاختناقات تحدد المخرجات والمخزون فى النظام .

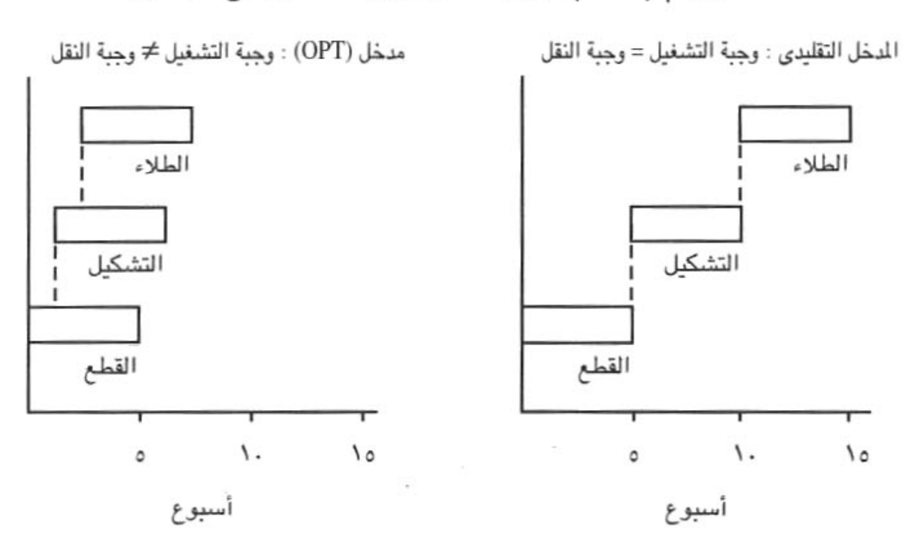
فى المدخل التقليدى تحدد الاختناقات فقط المخرجات بشكل مؤقت ، ولها تأثير قليل على المخزون ، إلا أن نظام (OPT) وجّه الأنظار ، وأثبت أن المخزون وبشكل خاص العمل أو المواد تحت التشغيل (WIP) هو دالة مقدار الوقت المطلوب للاحتفاظ بمورد الاختناق مشغولاً ، وهذا يعنى أن وقتًا أطول عند مورد الاختناق يؤدى إلى الاحتفاظ بالمخزون لفترة أطول .

القاعدة السادسة : إن وجبة النقل يجب فى أوقات معينة ألا تكون مساوية لوجبة التشغيل .

تقليديًا إن حجم الوجبة الواحد (الذى يتكرر) يحدد كحجم أمثل فى عملية الإنتاج ، أما فى نظام (OPT) فإن هناك حجمين على الأقل للوجبة هما : حجم النقل وحجم التشغيل . الواقع أن تقسيم الوجبات وتداخلها غير مرغوب به فى المدخل التقليدى ؛ مما كان يؤدى إلى اعتماد وجبة تشغيل مساوية لوجبة النقل (أى الحجم الذى ينقل بين مورد أو آخر) ، وعندئذ فإن الوجبة لن تتحرك من مورد لآخر أو من عملية لأخرى إلا بعد أن تكون الوجبة مجمعة بالكامل . أما فى النظام (OPT) فإن طريقة معالجة الوجبات تكون جوهرية فى تحقيق التشغيل الفعال . وفى المثال السابق فإن الوجبة يتم إكمالها فى

عملية القطع (٥٠٠) وحدة ، وبعد اكتمالها يتم نقلها إلى عملية التشكيل (وجبة النقل أيضًا ٢٠٠ وحدة) ؛ ليتم أيضًا إنجازها بالكامل لتنقل إلى العملية اللاحقة ، لتحقيق تساوى وجبة النقل مع وجبة التشغيل ؛ لهذا فإن الأسلوب المتبع فى إنجاز العمليات هو التسلسل الكامل . أما فى (OPT) وبسبب عدم تساوى الوجبتين ؛ فإن تداخل العمليات يكون مرغوبًا وضروريًا . والشكل رقم (١٢-٤) يوضح كلا المدخلين .

الشكل رقم (١٢-٤) : وجبة النقل ووجبة التشغيل فى المدخلين



إن نظام (OPT) يعمل على المحافظة على أن تكون حجوم الوجبات عند موارد الاختناق أكبر ما يمكن ، وهذا التوجه يكون فى الخط نفسه مع التفكير فى كمية الطلبية الاقتصادية (EOQ) . ونموذج الطلبية الاقتصادية يقوم على أساس أنه إذا كان لدينا مرات متكررة من وقت الإعداد لمورد الاختناق ، فإن مجموع أوقات الإعداد يكون غير إنتاجى ، ولأننا بحاجة إلى الاقتصاد بأية ساعة لصالح وقت التشغيل ؛ فإن جعل حجم وجبة التشغيل أكبر ما يمكن يحقق اقتصاداً فى وقت الإعداد لصالح وقت التشغيل ، بينما هذا لا يكون ضروريًا فى مورد اللااختناق ؛ لأن مثل هذا الاقتصاد

يزيد من الوقت العاطل ؛ لهذا فإن حجم الوجبة ليس ضرورياً أن تكون أكبر ما يمكن ، وكذلك فإن وجبة النقل من الضرورى أن تكون أكبر ما يمكن من مورد الاختناق ، وليس ضرورياً ذلك من مورد اللااختناق عند نقل الوجبة إلى مورد الاختناق .

القاعدة السابعة : إن وجبة التشغيل يجب أن تكون متغيرة وليست ثابتة .

إن هذه القاعدة تفترض أن حجم وجبة التشغيل عند مختلف الموارد أو العمليات يجب ألا يكون نفسه . وهذا يخالف ممارسة التصنيع التقليدية التى تفرض أنه فيما عدا الحالات الاستثنائية ؛ فإن حجم الوجبة يجب أن يكون ثابتاً من عملية لأخرى وعبر الوقت . فى حين أنه فى نظام (OPT) فإن وجبات التشغيل تكون دالة الجدولة وتتغير بشكل احتمالى فى العملية وعبر الوقت .

القاعدة الثامنة : إن السعة والأسبقية يجب أن يؤخذا بالاعتبار بشكل متزامن وليس بشكل متعاقب .

لتوضيح هذه القاعدة لنفرض أن الجزأين (س-٢٠) و(س-٢١) مطلوب إنجازهما فى عملية التشكيل ؛ فإذا كان الجزء (س-٢٠) يتطلب (٦,٢٥) أسبوع (كما فى المثال السابق) وينجز أولاً ، والجزء (س-٢١) يتطلب (٣,٧٥) أسبوع ، وينجز ثانياً (بعد الجزء الأول) ؛ فإن الجزء (س-٢٠) لكى يتم إنجازه سيكون وقت الانتظار هو : ٦,٢٥ + ١٠ = ١٦,٢٥ أسبوع .

ولكن إذا ما تم إنجاز الجزء (س-٢١) أولاً ، والجزء (س-٢٠) ثانيًا ، فإن الجزء (س-٢١) يكون جاهزاً بوقت انتظار الصنع (٣,٧٥) أسبوع فى حين يكون وقت الانتظار للجزء (س-٢٠) هو (١٠) أسابيع ، ومجموع وقت الانتظار هو : ٣,٧٥ + ١٠ = ١٣,٧٥ أسبوع .

والفارق فى الوقت وهو (١٦,٢٥ -١٢,٧٥=٣,٥) أسبوع لا يعود إلى اختلاف السعة ، وإنما لأخذ السعة والأسبقية بشكل متزامن وليس بشكل متعاقب ؛ لهذا فإن هذه القاعدة تستفيد من هذه الميزة فى جعل السعة والأسبقية تعالجان معًا وفى وقت واحد عملية الجدولة لخفض وقت الانتظار .

إن القواعد الثمانى السابقة تمثل عقل نظام تكنولوجيا الإنتاج المثلى (OPT Brain) ، أما القاعدتان التاسعة والعاشرة من قواعد (OPT) فإنهما تهتمان بمعايير الأداء المستخدمة لتقييم الفاعلية فى المصنع ، وهذا ما سنعرض له فى الفقرة التالية .

١٢-٥- محاسبة الكلفة وتقييم الأداء :

إن القواعد السابقة ترتبط بتطوير الجدولة الصحيحة ، إلا أن نظام (OPT) لا يكتفى بهذا ، وإنما يهتم بتحديد عقبات التنفيذ لهذه الجدولة الصحيحة . ويمكن مناقشة هذه العقبات من خلال : مقاييس الكفاءة ، توقع التحميل المتوازن للمصنع ، وظاهرة عصا الهوكى .

أولا - مقاييس الكفاءة :

فى نظام (OPT) فإن واحداً من التهديدات الأساسية للاستخدام الفعال للجدولة يمتثل فى سوء استخدام طرق محاسبة الكلفة فى أنظمة قياس الأداء ، وإن مبادئ محاسبة الكلفة عند استخدامها لقياس الأداء تكون فى تعارض مع القاعدتين (٢) و(٤) من قواعد (OPT) : فمحاسبة الكلفة لا تميز بين العمل على مورد الاختناق والعمل على مورد اللااختناق ، ولتوضيح الأثر السلبى لذلك ؛ نشير إلى أن المشرفين على المصنع يسعون وفق مبادئ محاسبة الكلفة إلى تحقيق كفاءة الأداء بالاستغلال الكامل للمورد ، أى استغلال السعة (١٠٠٪) وكما اتضح فيما سبق فإن هذا الإجراء يؤدى إلى استغلال مورد اللااختناق (العامل والآلات) ، إلا أن هذا لا يؤدى إلى تحسين المخرجات ، بل زيارة المخزون وبعض النفقات التشغيلية فى حين أن (OPT) يؤكد على اهتمام المشرف ليس من أجل العمل بالسعة الكاملة فى مورد اللااختناق ، وإنما العمل بحجم المخرجات القابل للاستخدام عند مورد الاختناق .

وإذا عدنا إلى المثال السابق نجد أن مبادئ محاسبة الكلفة تستلزم من العامل عند عملية القطع أن ينتج بمعدل (١٠٠٪) ؛ لكى يتجنب المساءلة ، ويحقق مستوى الأداء المطلوب فى الاستغلال الكامل للعملية ، وهذا المعدل كما لاحظنا ليس مطلوباً ؛ لأنه يؤدى إلى تراكم المخزون فى التشغيل بمعدل (٢٠٪) وهو معدل المخرجات الأسبوعى

وهى النسبة التى تفوق قدرة عملية التشكيل (الاختناق) على امتصاصه من عملية القطع التى تسبقها ؛ لهذا فإن قواعد (OPT) تفرض أن كفاءة استغلال عملية القطع (اللااختناق) تتمثل فى العمل بنسبة (٨٠٪) من سعتها أو معدل مخرجاتها ، وليس بنسبة (١٠٠٪) . وهذه الحالة توضح بجلاء أن كفاءة الأداء فى الجزء (العملية الواحدة) يمكن أن تؤدى إلى عدم كفاءة النظام الكلية ، وبالنتيجة فإن نظام (OPT) يثبت أن مبادئ محاسبة الكلفة تحاول أن تقيس كفاءة الموارد وليس فى فاعليتها ، فى حين أن المهم فى الشركة الصناعية هو الفاعلية .

ثانيا - التحميل المتوازن للمصنع :

إن المدخل التقليدى يحاول أن يدير نظام الإنتاج من خلال السيطرة على السعة ، وهذا يولد أحياناً الاستغلال الكامل دون الاعتبار لأهمية هذا الاستغلال على فاعلية النظام كله . والمدخل البديل للسيطرة على الإنتاج يتمثل فى الاهتمام بالمنتجات التى ستكون مباعة للزبون ، وأن أية عملية فى المصنع يجب أن تنتج فقط ما يكون مطلوباً فى العملية اللاحقة ، وهكذا ينتج المصنع فقط ما هو مطلوب بشكل كامل من قبل الزبون . وبهذه الطريقة يتم ضمان توازن انسياب المنتجات خلال المصنع (أى ما ينقل فعلاً من عملية لأخرى بدون اختناق أو تراكم المخزون ما بين العمليات) بدلاً من توازن سعة المصنع ، وهذا هو مضمون القاعدة التاسعة .

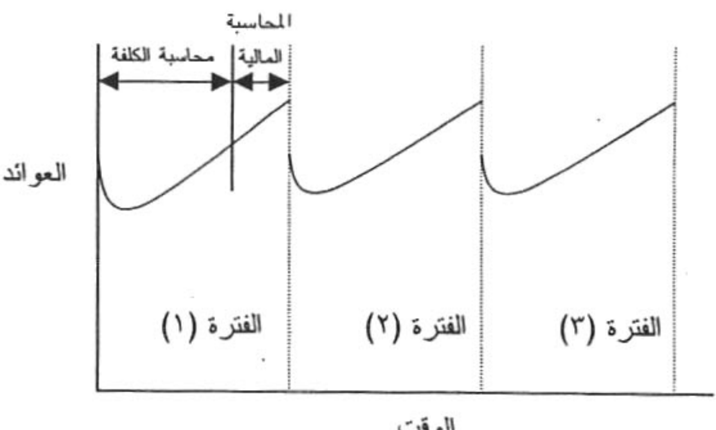
القاعدة التاسعة : الانسياب المتوازن وليس انسياب السعة هو المطلوب .

تقليدياً كان توازن السعة هو الأساس ، وبعدئذ يتم التوصل إلى الانسياب المستمر ، وأن توازن الخط مثال جيد على ما يذهب إليه المدخل التقليدى ؛ حيث إن العمل اللازم فى تصنيع المنتوج يكون مقسماً إلى عناصر متكافئة تقريباً من وجهة نظر السعة . فى حين أن (OPT) - انطلاقاً من الحالات الواقعية فى أن توازن الخط فى الغالب لا يتحقق - يحاول أن يقلل من أهمية توازن السعة لصالح التأكيد على توازن الانسياب ، كما أن التأكيد فى (OPT) على انسياب المنتوج وليس انسياب المواد الداخلة والمستخدمة فى إنتاجه ؛ يقود إلى تحديد الاختناقات التى يمكن أن تدرس وتفحص بعدئذ بنظرة متطلعة إلى الأمام ؛ من أجل زيادة مخرجاتها ، وبالتالى زيادة مخرجات النظام كله .

ثالثا - ظاهرة عصا الهوكى :

إن مطورى نظام (OPT) يطرحون ظاهرة عصا الهوكى ويحاولون أن يبرهنوا من خلالها على هناك صراعًا وتعارضًا بين نظامى القياس : محاسبة الكلفة والأداء المالى ؛ ففى بداية كل فترة يكون المصنع مدفوعًا للعمل بواسطة مقاييس الأداء الخاصة بمحاسبة الكلفة التى تتسم بالتركيز الموضعى والجزئى (التركيز على الاستغلال الكامل للسعة كمعيار للكفاءة) كاستغلال الآلة ، كفاءة العامل ، والأوقات والكلف القياسية لإنتاج الأجزاء فى العمليات المحددة . وعلى هذا الأساس يتم اللجوء إلى حجم الوجبة الكبير لخفض فترة الإعداد من خلال تقليص عدد مرات الإعداد بغض النظر عن مورد الاختناق واللااختناق ؛ مما ينتج عادة مخزون غير ضرورى . وعند نهاية الفترة ومن أجل التقرير المالى فإن الإدارة تصبح متهمة بالمقياس الكلى ، أى أداء النظام الكلى وبذل جهود أكبر لشحن المنتوج لعمل نقود أكثر ، ولا تعود الكفاءة ولا مرات الإعداد ... إلخ موضع اهتمام ؛ إذ تحل محلها الوجبات المعجلة ، الوقت الإضافى المسموح ، وأى شيء يزيد من الشحن عند نهاية الفترة . وهذه الطريقة يمكن تمثيلها من خلال ظاهرة عصا الهوكى حين أن منحنى الأداء يأخذ شكل عصا الهوكى ، كما مبين فى الشكل رقم (١٢-٥) .

الشكل رقم (١٢-٥) : ظاهرة عصا الهوكى



إن هذه الطريقة فى قياس الأداء تختلف بشكل كبير عمّا يؤكد عليه نظام (OPT) ؛ لأنه يؤكد منذ البدء على الأداء الكلى بدلاً من قياس كفاءة العاملين المنفردين والآلات المنفردة والعناصر الأخرى المكونة للأنظمة الفرعية فى المصنع ، ولعل القاعدة العاشرة تعكس هذا التفكير .

القاعدة العاشرة : مجموع الأمثليات الموضعية (الجزئية) لا يساوى الأمثلية الكلية .

١٢-٦- معالجة الاختناق فى تكنولوجيا الإنتاج المثلى :

إن المساهمة الأساسية لنظام (OPT) تتمثل فى توجيه الأنظار إلى التمييز بين موارد أو عمليات الاختناق وموارد أو عمليات اللااختناق ، وتقديم قواعد وبرمجيات حاسبة ؛ من أجل معالجة الاختناق واعتبار ذلك هو الأساس فى الأداء الناجح لوظيفة العمليات فى مجال تخطيط وجدولة الإنتاج . وحيث إن برمجيات (OPT) التى تتضمن مجموعة الخوارزميات المنفذة لعملية الجدولة فعلياً لازالت سارية ؛ فإن معالجة الاختناق ليست متاحة فى الوقت الحاضر إلا بالأسلوب اليدوى وبالاعتماد على قواعد (OPT) التى عرضنا لها فى الفقرات السابقة .

والسؤال الذى يطرح نفسه هو : كيف يمكن معالجة الاختناق بالاستفادة من قواعد (OPT) ؟ وللإجابة نشير إلى ما يأتى :

أولاً : استخدام مدخلى الجدولة إلى الأمام ومن الخلف ، حيث يتم فى مورد الاختناق استخدام مدخل الجدولة من الأمام ، وفى مورد اللااختناق يستخدم مدخل الجدولة من الخلف (لقد عرضنا لهذا فى المدخلين فى الفصل التاسع) والمثال (١٢-٢) يوضح ذلك .

مثـال (١٢-٢) :

منتوج يتكون من تجميعين فرعيين ، وهناك اختناق واحد فى التجميع الفرعى الثانى الذى توفرت عنه البيانات الآتية عن أوقات العمليات كالآتى :

العملية الأولى تستغرق دقيقة واحدة ، العملية الثانية (١,٥) دقيقة ، والعملية الثالثة (٠,٧٥) دقيقة ، وكانت هناك وجبة إنتاج مقدارها (٦٠٠) وحدة من التجميع الفرعى الثانى .

المطلـوب : معالجة الاختناق باستخدام مدخلى الجدولة إلى الأمام ومن الخلف .

الحـــــل :

معدل الإنتاج / ساعة (العملية الأولى) = ٦٠ وحدة .

معدل الإنتاج / ساعة (العملية الثانية) = ٤٠ وحدة .

معدل الإنتاج / ساعة (العملية الثالثة) = ٨٠ وحدة .

الوقت اللازم لإكمال الوجبة هو :

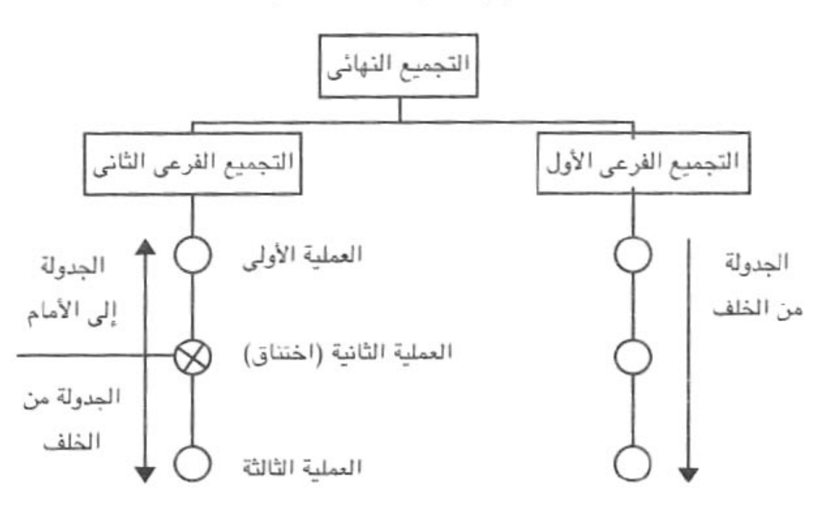
العملية الأولى = ١٠ ساعات .

العملية الثانية = ١٥ ساعة .

العملية الثالثة = ٧,٥ ساعة .

يلاحظ أن العملية الثانية تعانى من اختناق . ولمعالجة هذا الاختناق ؛ تتم جدولة العملية الثانية من الأمام قبل الانتهاء من العملية الأولى بفترة ملائمة ، وتحدد هذه الفترة حسب موعد التسليم ، فإذا كان موعد التسليم حرجًا (أى احتمال أن يكون هناك تأخير فى التسليم) ، فإن الفترة الملائمة تكون طويلة ، كأن يتم البدء بالعملية الثانية بعد فترة وجيزة من البدء بالعملية الأولى ، أما إذا كان موعد التسليم غير حرج ؛ فإن الفترة الملائمة يمكن تقليصها . إن الشكل رقم (١٢-٦) يوضح مدخلى الجدولة فى نظام (OPT) لمعالجة الاختناق .

الشكل رقم (١٢-٦) : الجدولة فى (OPT)



ثانيــــًا : استخدام أوقات انتظار متغيرة : ذلك من خلال استخدام وجبات إنتاج كبيرة عند مورد الاختناق ووجبات إنتاج صغيرة (أى فترات إعداد أكثر) عند مورد اللااختناق . فمثلاً إذا كان معدل المخرجات عند مورد الاختناق (١٠٠) وحدة فى اليوم ، ومعدل المخرجات عند مورد اللااختناق (٢٠٠) وحدة فى اليوم ، وفى هذه الحالة يمكن اعتماد وجبة إنتاج مقدارها (١٠٠) وحدة فى الموردين ، وقد يتنج هذا وقتًا عاطلاً عند مورد اللااختناق يستخدم فى وجبات أخرى ، فى حين أن المدخل التقليدى كان يعتمد وجبة الإنتاج (٢٠٠) وحدة مع تحميل مخزون أكبر فى تشغيل يتجمع أمام مورد الاختناق .

ثالثــــًا : وجبة التشغيل ووجبة النقل متباينتان : حيث إن وجود اختناق فى إحدى العمليات يجعل وجبة التشغيل ووجبة النقل غير متساويتين فى جميع العمليات . ففى مدخل الجدولة إلى الأمام لا يتم انتظار وجبة التشغيل بالكامل ، وإنما تكون الوجبة متغيرة وبكميات متكررة صغيرة ، دون أن

تكون هناك حاجة للقيام بهذا المدخل فى مورد اللااختناق الذى قد يفرض نقل الوجبة بالكامل .

رابعـــاً : تحسين وقت التشغيل عند مورد الاختناق : ذلك بتقليص وقت الإعداد ، وجبة أكبر لتقليص مرات الإعداد ، تحسين كفاءة العامل ، وصيانة فعالة لإبقاء مورد الاختناق فى حالة اشتغال كامل ، وهذا كله يزيد من معدل مخرجات من هذا المورد كما يقلص من عدم التوازن بين العمليات .

خامساً : إدارة مخزون الأمان : إن نظام (OPT) يحقق الإدارة الفعالة لمخزون الأمان من خلال التأكيد على الاحتفاظ بمخزون أمان واحد فى طريقة للتجميع ، وخاصة فى طريق إنتاج الجزء إلى مورد اختناق .

١٢-٧- برمجية تكنولوجيا الإنتاج المثلى :

إن نظام (OPT) هو نظام حاسبة ، وإن عملية تطبيقه تتطلب برمجية خاصة بالنظام تتكون من أربع وحدات متكاملة أساسية هى :

أولاً : وحدة البناء : هذه هى وحدة البداية التى تقوم ببناء نموذج المصنع حسب البيانات المقدمة من الجهة المستفيدة ، وهذه البيانات تتعلق بالمواد الأولية والأجزاء المشتراة ، حجم المنتجات ، سعة مراكز العمل أو الموارد فى المصنع ، التعاقب ، المسار الفنى خلال المصنع ، الاحتياجات الزمنية للمنتج (وقت الإعداد ، وقت التشغيل الفعلى ، تأخر الجدولة ، كميات الطلبيات ، ومواعيد تسليم الطلبيات ، ومن هذه البيانات يتم بناء نموذج المصنع للانتقال إلى الوحدة التالية فى برمجية (OPT) .

ثانيًا : وحدة الخدمة : هذه الوحدة هى التى تقوم بتحديد موارد الاختناق واللااختناق من خلال إطلاق أنماط التحميل لكل مورد من الموارد المستخدمة فى المصنع ، ومن خلال ذلك يتحقق الغرض فى كلا النوعين من الموارد .

ثالثًا : وحدة التقسيم : تختص هذه الوحدة بتقسيم النظام فئتين : عمليات أو موارد حرجة وعمليات أو موارد غير حرجة ، وبما يُمكّن من تطبيق خوارزميات النظام للتوصل إلى الجدولة المثلى .

رابعًا : وحدة الجدولة أو الدماغ : هذه الوحدة تتضمن مجموعة الخوارزميات التى تنفذ الجدولة فعليًا ؛ وذلك بتحقيق الجدولة إلى الأمام للموارد الحرجة وفق منطق (OPT) وقواعده مع استخدام وجبة الإنتاج المتغيرة . والجدولة إلى الخلف للموارد غير الحرجة ؛ حيث تكون هذه الأخيرة فى خدمة جدولة الموارد الحرجة .

لابد من الإشارة إلى أن حزمة (OPT) لاتتضمن فقط برمجيات ، بل هى تتضمن أيضًا خدمات استشارية وتدريبًا على التنفيذ . إن التفاصيل الخاصة بالنظام وبشكل خاص ما يتعلق بالوحدتين : الخدمة والجدولة أو الدماغ وهى وحدات الجدولة التفصيلية - تعتبر مملوكة ملكية صناعية (فهى غير منشورة وغير متاحة) .

١٢ -٨ - مزايا وعيوب تكنولوجيا الإنتاج المثلى :

إن (OPT) شأنه شأن الأنظمة الأخرى له مزايا وعيوب ، فمع أنه قدّم مفاهيم يمكن اعتبارها جديدة فيما يتعلق بالكثير من قواعده إلا إنه بالمقابل اتسم بعيوب حدّت من انتشاره واستخدامه . ويمكن أن نشير فيما يأتى إلى هذه المزايا والعيوب .

أولاً : المزايا :

أ - إن (OPT) يوفر قاعدة بيانات دقيقة عن المنتجات والأجزاء وعمليات الإنتاج وأوقاتها وتحميل الأعمال فى النظام .

ب - إن استخدام الحاسبة يساعد على تحقيق سيطرة فعالة على الإنتاج والمخزون تحت التشغيل .

ج - إن قواعد (OPT) تقدم فهمًا جديدًا لجدولة الإنتاج يساعد على توليد جدولة أكثر دقة وفاعلية .

د - إن نظام (OPT) يؤدى فى التطبيق إلى زيادة معدل المخرجات وخفض المخزون وتقليص النفقات التشغيلية .

ثانيًا : العيوب :

أما عيوب نظام (OPT) فيمكن تحديدها فى الآتى :

أ - إن الخوارزمية السرية المعتمدة فى الجدولة تمثل إحدى العقبات الأساسية فى قبول النظام واستخدامه على نطاق أوسع .

ب - إن نظام (OPT) يقوم على المدخل التايلورى حيث لا مشاركة للعمال فيه .

ج - إن نظام (OPT) بوصفه نظام حاسبة وكذلك نظام ملكية ، يعتبر نظامًا مكلفًا .

د - إنه يقدم نمطًا أقل تفاعلاً بين المصنع والموردين وبين المصنع والزبائن .

إلى جانب هذه المزايا والعيوب ؛ فإننا سنشير إلى مزايا وعيوب أكثر تفصيليًا فى الفقرة التالية عند مقارنة (OPT) بالأنظمة الأخرى .

١٢-٩- المقارنة بين (OPT) و(MRP) و(JIT)

إن الأنظمة الثلاثة : تكنولوجيا الإنتاج المثلى (OPT) ، وتخطيط الاحتياجات من المواد (MRP) ، ونظام الوقت المحدد (JIT) قد أدت خلال عقدين من الزمن إلى ثورة فى إدارة العمليات ، ولازالت الدراسات تتوالى فى إبراز عوامل القوة والضعف فى كل منها ؛ لهذا فإن المقارنة (أوجه التشابه والاختلاف) بين الأنظمة الثلاثة تقدم صورة تقييمية لنظام (OPT) نختتم بها هذا الفصل . ونعرض فيما يلى أوجه التشابه والاختلاف بين هذه الانظمة :

أولاً - تحميل الإنتاج :

إن نظام (MRP) يفترض أن سعة المورد غير محددة عند جدولة الإنتاج ، ويتم اختبار هذه الجدولة فى مرحلة لاحقة بالاعتماد على تخطيط احتياجات السعة (CRP) ، أما (JIT) و(OPT) فيعتبران السعة محدودة ، وعلى أساسها يتم وضع جدولة الإنتاج الرئيسية (MPS) ، ويتم السيطرة على السعة بواسطة كانبان (Kanban) فى (JIT)

وبنقاط الاختناق فى نظام (OPT) . ومما يمتاز به (JIT) هو الاعتماد على التحميل الموحد ؛ وذلك لتماثل الجدولة اليومية والشهرية فيه دون افتراض هذا التماثل فى (MRP) و(OPT) .

ثانيًا – حجم الوجبة :

يفترض (MRP) مرور جزء فى مراحل الإنتاج بوجبة ذات حجم ثابت لأمر عمل واحد ، فى حين يتغير هذا الحجم بين أوامر العمل المقدرة ، وأن زيادة حجم الوجبة أكبر من الحجم المطلوب تزيد معها كلف المخزون وبالتالى الكلفة الكلية . أما فى (JIT) فإنه يعمل على خفض فترة الإعداد ؛ مما يجعل حجم الوجبة غير مهم وعادة ما يكون صغيرًا ، فى حين أن (OPT) يتميز باستخدام وجبات التشغيل المتغيرة ؛ فتكون هناك زيادة فى حجم الوجبة عند مورد الاختناق مع العمل على تقليص فترة الإعداد لزيادة وقت التشغيل (الإنتاج الفعلى) عند هذا المورد ؛ لهذا فإن النظامين (JIT) و(OPT) خلافًا لنظام (MRP) يستخدمان نوعين من الوجبات : حجم وجبة متغير وكبير هو حجم وجبة التشغيل ، وحجم وجبة صغير وثابت هو حجم وجبة النقل .

ثالثًا – المواد الأولية والأجزاء المشتراة :

فى نظام (MRP) يتم التعامل مع عدد كبير من الموردين ؛ لضمان انسياب كفء للمواد والأجزاء وتجنب التوقفات الناتجة عن تأخر أو انقطاع التوريد عند التعامل مع مورد واحد ، أما فى نظام (JIT) فإن التعامل يكون مع عدد محدود وصغير من الموردين فى هذا النظام حيث يعدون جزءًا من الشركة . أما نظام (OPT) فإنه يتبع أسلوبًا مشابهًا لنظام (MRP) .

رابعًا – تذبذب الإنتاج :

إن التأخيرات وتذبذب الإنتاج فى أية عملية ينتقل خلال انسياب الإنتاج وانتقال الوجبات إلى العمليات الأخرى ؛ وذلك نتيجة للاعتماد المتبادل بين العمليات ؛ فتكون النتيجة هى تذبذب الإنتاج بسبب الاختناقات المتنقلة . وفى نظام (MRP) تجرى

موازنة التذبذبات والسيطرة عليها باستخدام مخزون الأمان ، أما فى (JIT) فتستخدم البطاقات والأضواء المنبهة للسيطرة على العملية الإنتاجية ؛ حيث إن تسلسل الإنتاج متزامن ومتداخل لا يسمح للتذبذب أن يحدث ، وفى (OPT) يتم تجنب التذبذبات بواسطة الجدولة الكفئة للموارد الحرجة (الاختناق) ومن خلال استخدام الوقت الاحتياطى فى الطريق إلى مورد الاختناق ، وأن التأكيد يكون دائمًا على ضمان انسياب المواد والأجزاء وليس على بقاء العاملين يعملون باستمرار خلال الوقت المتاح .

خامسًا - دقة البيانات :

يتطلب نظام (MRP) بيانات دقيقة جداً عن جميع الموارد المستخدمة فى الإنتاج ، وكذلك نظام (OPT) يتطلب بيانات دقيقة جداً عن موارد الاختناق والموارد التى تغذى الاختناق . كما أن كلا النظامين (MRP) و(OPT) يستخدمان برمجيات متطورة على الحاسبة لتوليد جداول إنتاج ، ويمتاز (OPT) بسرعة أكبر فى الجدولة من (MRP) . أما (JIT) فإنه نظام يدوى لا يستخدم الحاسبة ولا يحتاج لدقة البيانات ؛ لأنه يستخدم السيطرة البصرية ونظاماً يدوياً للسيطرة على انسياب الإنتاج .

سادسًا - جدولة الإنتاج :

إن نظام (MRP) يسمح بجدولة الإنتاج المتغيرة من وجبة لأخرى وبدرجة عالية ، فى حين أن جدولة الإنتاج فى (JIT) يتسم بالاستقرار والتماثل فى الساعات والأيام والأسابيع . أما التنوع فيكون فى هذا النظام من خلال الوجبة التى تتألف من عدد من المنتجات وليس من منتوج واحد ؛ ففى نظام (OPT) تستخدم وحدة من برمجية النظام لوضع وتحديد جدولة الإنتاج الفعلية على موارد الاختناق واعتماداً على ذلك تقوم وحدة أخرى من برمجية النظام بجدولة موارد اللااختناق .

سابعًا - المرونة :

بصورة عامة يعد نظام (JIT) أكثر الأنظمة الثلاثة مرونة لاعتماده وجبات الإنتاج بحجوم صغيرة مع مستويات متدنية من المخزون فى التشغيل . أما نظام (OPT) فإنه

يعمل على خفض المخزون ويسمح بمرونة حجم الوجبة ، وبالتالى تحقيق مرونة عالية فى الإنتـاج ، دون أن تتوفـر لنظام (MRP) مـثل هذه المرونة بسـبب حـجم الوجـبة الكبيـر والثابت خـلال مراحل الإنتـاج (فى الوجبة الواحدة) مع مخزون أمان أكبر ؛ مما يقلص من مرونة النظام .

ثامنًا – الكلفة :

إن نظامى (MRP) و(OPT) هما نظاما حاسبة ، ويتطلبان دقة عالية فى البيانات المستخدمة ؛ لهذا فإن كلفة كل منهما فى التطبيق عالية ، وإن (OPT) ذو كلفة أعلى من (MRP) بسـبب الخـوارزميـة السـرية . فى حـين أن (JIT) نظام يدوى والسيطـرة على الإنتـاج بصـرية وبالبـطاقات ؛ لـهذا فـإنه الأقل كلفة . وفـى المقـابل وبسـبب اسـتـخـدام الحاسبة فى (MRP) و(OPT) ؛ فإن قدرة كبيرة تتوفر لهما فى المحاكاة الكاملة لخطة وجدولة الإنتاج وهذا ما لا يتوفر لنظام (JIT) .

تاسعًا – أفق التخطيط :

إن (MRP) يركز على فلسـفة تخـطيط الموارد طويل الأمـد ، أما (JIT) فيـؤكد على تخطيط الموارد الملائم القصير الأمد والتنفيذ اليومى المباشر لعملية الإنتاج . فى حين أن (OPT) يعتمد علـى فلسفة متـميزة من خـلال تجـزئة الجـدولة والتركيز على ضـمان تشغيل موارد الاختناق بكامل طاقتها بهدف انسياب العملية الإنتاجية .

عاشرًا – السحب والدفع :

إن (MRP) هو نظام دفع ، ونظام (JIT) هونظام شد أو سحب ، أما (OPT) فإنه يركز على الموارد الحرجة ومستلزمات تشغيلها فى الوقت المتاح كله بدون توقف .

أحد عشر – العاملون :

فى نظام (MRP) يتكيف العاملون مع العـمل بمهـارات متـخـصـصـة ومـسـئوليـات

محددة ، فى حين يعتمد (JIT) و(OPT) التدريب الشامل والعاملين ذوى المهارات المتعددة ؛ مما يجعلهم أكثر مشاركة فى جدولة الإنتاج ، وفى هذا المجال فإن مشاركة العمال فى (JIT) أكبر مما هى عليه فى (OPT) .

اثنا عشر – التلف :

إن نظام (MPR) يتسامح فى التلف ، ويأخذه فى الاعتبار عند احتساب احتياجات من المواد والأجزاء ، أما نظام (OPT) فيقوم على الالتزام بمواصفات الجودة ، وخاصة عند موارد الاختناق ؛ وذلك لأن أى هدر أو إضاعة للوقت بسبب التلف عند ذلك المورد يؤدى إلى إضاعة الوقت من النظام كله . فى حين أن (JIT) يعتمد على التلف الصفرى بحيث إن أى انحراف عن المواصفات يمكن أن يؤدى إلى إيقاف الخط الإنتاجى كله من أجل معالجته .

ثلاثة عشر – الصيانة الوقائية :

فى نظام (MRP) ليس هناك تأكيد واضح على برنامج الصيانة وأهميتها فى تطبيق النظام ، فى حين أن نظام (OPT) لا يسمح بأى عطل أو توقف لموارد الاختناق ؛ مما يتطلب برنامجًا كفئًا للصيانة الوقائية لهذه الموارد . أما نظام (JIT) فإن من مقوماته الأساسية هى توفير صيانة وقائية كفئة ومستقرة لخفض العطلات وصولاً إلى العطلات الصفرية .

أربعة عشر – أوقات الانتظار :

إن أوقات الانتظار للمنتوج النهائى وللأجزاء تكون ثابتة ومحددة فى نظام (MRP) ، فى حين أن نظامى (JIT) و(OPT) يعملان على خفض أوقات الانتظار قدر الإمكان .

الأسئلة :

١- ماذا نعنى بتكنولوجيا الإنتاج المثلى ، وما هى أبرز الاعتراضات التى ترد على تسميته ؟

٢- ماهى الخصائص الأساسية لتكنولوجيا الإنتاج المثلى (OPT) ؟ وما جدواها ؟

٣- ماذا نعنى بما يأتى :

أ - عمليات الاختناق وعمليات اللااختناق ؟

ب- سعة النظام فى (OPT) ؟

ج - الخوارزمية السرية لنظام تكنولوجيا الإنتاج المثلى ؟

٤- ماهى أنماط العلاقة بين عمليات الاختناق وعمليات اللااختناق فى المصنع ؟

٥- وضح كيف يؤدى نظام تكنولوجيا الإنتاج المثلى إلى زيادة معدل المخرجات وخفض المخزون .

٦- إن القاعدة (٣) من قواعد نظام (OPT) تقول : إن الساعة الضائعة عند مورد الاختناق هى ساعة ضائعة للنظام كله ، والقاعدة الرابعة تقول : إن الساعة المقتصد بها فى مورد اللااختناق هى وهم وسراب . وضح كيف تتعارض محاسبة الكلفة مع هاتين القاعدتين .

٧- وضح ما الفرق بين الاستغلال والنشاط بفاعلية من وجهة نظر نظام (OPT) . وما هى أهمية هذه التفرقة بينهما من أجل تحسين الفاعلية ؟

٨- لماذا يجب ألا تكون وجبة التشغيل مساوية لوجبة النقل فى نظام (OPT) ؟

٩- كيف يمكن توضيح أهمية استخدام السعة والأسبقية بشكل متزامن وليس متعاقباً فى أحد المصانع الذى فيه طلبيتان مستقلتان تنجزان من قبل نفس المورد أو مركز العمل ، الطلبية الأولى تتطلب (٣) أسابيع والثانية (٦) أسابيع .

١٠ - وضح فى ضوء قواعد (OPT) لماذا يتم التأكيد على الانسياب المتوازن وليس على توازن السعة .

١١- ماذا نعنى بظاهرة عصا الهوكى فى نظام (OPT) ؟

١٢- وضح كيف تستخدم الجدولة إلى الأمام فى معالجة الاختناق فى نظام (OPT) .

١٣- ماهى أبرز مزايا وعيوب نظام (OPT) ، وكيف أن (OPT) يقدم فهماً جديداً لجدولة الإنتاج ؟

١٤- ماهى مكونات برمجية نظام (OPT) ، وماهى وظائفها ؟

١٥- لماذا لا يمكن المقارنة بين (OPT) والأنظمة الأخرى على أساس نتائج التطبيق العملية فى الشركات ؟

١٦- ماهى أوجه التشابه والاختلاف بين الأنظمة (MRP) (JIT) و(OPT) فيما يتعلق بالآتى :

أ - حجم المخزون .

ب - تدريب وتطوير العاملين .

ج - العلاقة مع الموردين .

المراجع :

أولا : الكتب

١- عقيلة مصطفى الأتروشى "الاختبار الإستراتيجى لنظام التخطيط والسيطرة على الإنتاج مع دراسة تطبيقية لنظامى (MRP) و(OPT) فى قطاع الهندسة" أطروحة دكتوراه : جامعة بغداد - كلية الإدارة والاقتصاد ، (غير منشورة) ، بغداد ١٩٩٣ م .

2 - E. Adam, Jr. and R. J. Ebert, Production and Operations Management, Printice Hall of India Private. New Delhi, 1993.

3 - J. Browne et al., Production Management Systems, Addison-Wesley Publishing Co. Wokingham, England. 1988.

4 - W. J Stevenson, Production/Operations Management, Irwin, Homewood . Boston. 1990.

ثانيا : الدوريات

1 - R. E. Fox, OPT : An Answer For America : Part IV. Inventories and Production 3, No. 2, March-April 1983.

الفصل الثالث عشر : تكنولوجيا الإنتاج

١٣ – ١ – المدخل .

١٣ – ٢ – تطور التكنولوجيا .

١٣ – ٣ – تطبيقات التكنولوجيا الحديثة فى الإنتاج :

أولاً : الأتمتة الصلبة والناعمة .

ثانيـــــاً : الرقابة العددية .

ثالثـــــاً : التصميم بمساندة الحاسبة (CAD) .

رابعـــــاً : التصنيع بمساندة الحاسبة (CAM) .

خامســـاً : تخطيط التشغيل بمساندة الحاسبة (CAPP) .

سادســـاً : أنظمة الخزن والاسترجاع المؤتمتة (AS\RS) .

سابعـــاً : تكنولوجيا الرمز الشريطى .

ثامنـــــاً : التصميم / التصنيع بمساندة الحاسبة (CAD\CAM) .

تاسعـــاً : أنظمة التصنيع المرنة (FMS) .

عاشـــراً : التصنيع المتكامل بالحاسبة (CIM) .

أحد عشر : الإنسان الآلى الصناعى .

اثنا عشر : الذكاء الاصطناعى (AI) :

أ – الأنظمة الخبيرة .

ب – اللغة الطبيعية .

ج – الرؤية الآلية .

ثلاثة عشر : مصنع المستقبل .

أربعة عشر : أتمتة المكتب .

١٣ – ٤ – الإدارة والتكنولوجيا الحديثة .

١٣ – ٥ – الأتمتة والمنافسة .

الأسئلة .

المراجع .

١٣-١- المدخل :

تعتبر التكنولوجيا اليوم المفتاح الأساسى للتطور ؛ فالقدرة الإنتاجية العظيمة التى يتمتع بها عالمنا المعاصر لم تكن بهذه الشاكلة فى أى وقت مضى ، وهذا يعنى أن هناك قدرة وطاقة إضافتيين تضافان كل يوم بسب التطورات الكثيرة لهذه القدرة ، وفى مقدمة هذه التطورات التطور الحاصل فى التكنولوجيا الحديثة أو الجديدة . والواقع أننا نعيش اليوم فى بيئة صناعية حيث التكنولوجيا تنتج كل ما حولنا ، القليل جداً هو الذى نتلقاه من الطبيعة مباشرة ، كما أن الموارد الأولية التى تأتى من الطبيعة يتم تحويلها بواسطة عمليات تحويلية إلى منتجات نهائية ، بدءًا من أدوات المنزل والمكتب وانتهاءً بوسائط النقل ووسائط الإنتاج والعمل . لهذا كله أصبحت التكنولوجيا هى العامل المهيمن على حياتنا ، كما هى العامل المهيمن على الاقتصاد . وإذا كان تراكم رأس المال المادى وتراكم الخبرة (رأس المال البشرية) من موشرات التطور والثروة ؛ فإن التراكم التكنولوجى يمثل اليوم مؤشراً أساسيًا ومهمًا لهذا التطور وتلك الثروة . والتراكم التكنولوجى يتمثل فى المعدات والطرق والأساليب الحديثة المستخدمة فى الاقتصاد الوطنى التى يتم تطويرها وإنتاجها فى مختبرات ووحدات البحث والتطوير (R&D) ، وهذا ما يفسر الاستثمارات الكبيرة فى مجالات البحث والتطوير من قبل الدول الصناعية التى تراوحت هذه النفقات فيها مابين (١٩٪) من الناتج المحلى الإجمالى فى الولايات المتحدة و(٢٤٪) فى ألمانيا و(٢٥٪) فى اليابان عام ١٩٨٥م .

وتعرّف التكنولوجيا بطرق مختلفة . وكما يقول (شرويدر RG. Schroder) فإن التكنولوجيا يمكن أن تعرف تعريفًا واسعًا لتشير إلى تطبيقات المعرفة لحل المشكلات البشرية ، وتعريفًا ضيقًا لتشير إلى مجموعة العمليات والأدوات والطرق والإجراءات والمعدات المستخدمة لإنتاج السلع والخدمات ، وهذا التعريف يتعلق بتكنولوجيا التشغيل تميزًا عن تكنولوجيا المنتوج التى تهتم بحجم الإنتاج . ومن جهة أخرى ، فقد أشار

(كوبتا Y.P.Gupta) إلى أن هناك نوعين من التكنولوجيا التى تؤثر فى الإنتاج : الأول يتمثل فى تكنولوجيا المعدات والتشغيل ، وهذه تتعامل مع مناولة المواد وتحويل السعة ، والثانى يتمثل فى تكنولوجيا المعلومات وهى تتكون من الأجهزة المستخدمة فى عرض وخزن ومعالجة المعلومات ومن البرامج التى تستخدم فى الرقابة على عمل تلك الأجهزة . ويمكن فى هذا السياق أن نورد تعريفًا أشمل للتكنولوجيا بأنها العلم التطبيقى لكيفية عمل أشياء وكيفية تأدية العمليات ، وفى هذا التعريف يمكن أن نميز بين طريقة العمل (طريقة تأدية العمليات) وبين العمل (العمليات) بوصف الأولى طريقة والثانية وظيفة . والواقع أن هذا التميز يساعدنا على أن نميز بين تكنولوجيا وأخرى ، كما يساعد على متابعة التطور فى التكنولوجيا ؛ فالطريقة المستخدمة (التكنولوجيا) يمكن أن تكون يدوية ، أو تكون ممكننة ، أو تكون مؤتمتة . ويمكن أن نلاحظ أن هذا التصنيف للتكنولوجيا وأنواعها يقوم على أساس التطور التاريخى للتكنولوجيا ، فقبل الثورة الصناعية التى تبدأ فى النصف الثانى من القرن الثامن عشر كانت الأساليب اليدوية فى النمط الحرفى السائد ، وبعد الثورة الصناعية دخلت وتطورت المكننة ، وأخذت الآلة تحل محل الجهد البدنى للإنسان ، وليظل دوره فى الإنتاج مقتصراً على إدارة الآلة والرقابة عليها لتأتى بعدها الأتمتة فى الأربعينيات من هذا القرن فيما يدعى بالأتمتة الصلبة ، ومن ثم ومع دخول الحاسبة أدخلت الأتمتة الناعمة فى الخمسينيات التى أدت إلى إحلال الآلة محل الإنسان فى الرقابة من خلال برامج الحاسبة ؛ لتبدأ مرحلة الأتمتة على أساس الحاسبة ومع استخدامات الحاسبة بدأت الأنظمة الحديثة بالظهور ، مثل : التصميم بمساندة الحاسبة (CAD) ، والتصنيع بمساندة الحاسبة (CAM) ، وأنظمة التصنيع المرن (CIM) ، وتخطيط التشغيل بمساندة الحاسبة (CAPP) ، والإنسان الآلى ... إلخ . ولقد أدى استخدام التكنولوجيا الحديثة إلى زيادة كبيرة فى الإنتاجية فقد أظهرت الدراسات العديدة أن التكنولوجيا هى العامل الأكثر أهمية فى زيادة الإنتاجية والجدول رقم (١٣-١) يوضح حسابات ثلاث دراسات حول

مساهمة العمل ، رأس المال ، التكنولوجيا فى زيادة الإنتاجية ، حيث تراوحت مساهمة التكنولوجيا بين (٤٤-٧٧٪) فى زيادة الإنتاجية .

الجدول رقم (١٣- ١) : العوامل المؤثرة فى زيادة الإنتاجية

الدراسات	العمل (٪)	رأس المال (٪)	التكنولوجيا (٪)
دارسة دينسون (Denison)	١٨	٢٠	٦٢
دراسة كيندريك (Kendrick)	١٠	١٨	٧٢
دراسة كريستينسون وآخرين .Christenson et al)	١٤	٤٢	٤٤
المتوسط	١٤	٢٧	٥٩

إن لتطور التكنولوجيا الحديثة وتطبيقها فى الإنتاج مسيرة طويلة زاخرة بالمساهمات الفردية فى البداية وبمساهمات الشركات والمنظمات الكثيرة فيما بعد ، كما أنه تطلب استثمارات مالية ودعمًا حكوميًا كبيرًا ؛ حتى أصبح هذا التطور تعبيرًا عن تطور المجتمع البشرى برمته ، وفى الفقرة الثالثة سنناقش هذا التطور ومراحله .

١٣ -٢ - تطور التكنولوجيا :

لقد كان العصر الذى سبق الثورة الصناعية بمثابة العصر الحرفى الذى اتسم باستخدام الأساليب اليدوية ؛ حيث كانت الأدوات بدائية فى الإنتاج وبكميات صغيرة جدًا (ربما وحدة واحدة فقط) وحسب طلب الزبون مع تماثل محدود فى الوحدات المنتجة . وكان العامل الحرفى يقوم بكل العمليات المطلوبة لإنتاج الوحدة الواحدة ،

وبسبب عدم تقسيم العمل والتخصص كان العمل بطيئًا جداً ، ولقد أشار آدم سمث (A.Smith) فى كتابه المعروف ثورة الأمم عام (١٧٧٦م) إلى تقسيم العمل ومزاياه الاقتصادية التى حددها فى ثلاثة : زيادة براعة ومهارة العامل ، عدم الحاجة الى انتقال العامل من موقع لآخر ، وأخيراً إمكانية إدخال التحسينات على الآلات والمعدات . وهذه المزية الأخيرة تعنى أن تقسيم العمل يؤدى إلى تجزئة العملية إلى عناصر بسيطة يمكن أن تحل الآلة محل الإنسان فى تأديتها ، وقد كان هذا إيذانًا ببدء عصر جديد هو عصر المكننة واقتصاديات الإنتاج والطريقة العلمية لتنظيم العمل ؛ فقد أدى تقسيم العمل إلى تجزئة العمليات إلى عناصر صغيرة ، ومن ثم يدرب العامل على الطريقة لتأديتها بسرعة ومهارة وفق المدخل التايلورى . وهذا ما كان يرفع من إنتاجية العمل مئات المرات ؛ ولأن كلفة العمل كانت عالية ؛ لهذا لم تكن زيادة الإنتاجية كافية ؛ مما كان يدفع نحو إحلال الآلة محل الإنسان كلما كان ذلك ممكناً ؛ مما يعنى كثافة رأس المال محل كثافة العمل .

لتبرير كثافة رأس المال المستثمر فى المكننة كان لابد من الإنتاج الكبير أو الواسع للاستفادة من اقتصاديات الحجم ؛ لهذا نشأت المصانع الكبيرة التى تنتج كميات كبيرة ومتماثلة ، وتحقق ميزة الكلفة الأدنى للوحدة الواحدة الناتجة وإن كانت من جانب آخر ستعانى من نقص المرونة فى الإنتاج وعدم التنوع فى تلبية حاجات الزبون . وبعد التطور الكبير فى المكننة ظهرت الأتمتة . فإذا كانت المكننة قد أدت إلى إحلال الآلة محل الإنسان فى الإنتاج ليقتصر دوره على الإشراف والرقابة ؛ فإن الأتمتة أحلت البطاقات المثقبة والشريط الممغنط (فى الرقابة العددية) وبرنامج الحاسبة (فى الأتمتة الناعمة) محل الإنسان فى الإشراف والرقابة . والجدول رقم (١٣-٢) يوضح التطورات المهمة فى تأريخ مكننة وأتمتة الإنتاج .

الجدول رقم (١٣- ٢) : التطور التاريخى لأتمتة عملية الإنتاج (التصنيع)

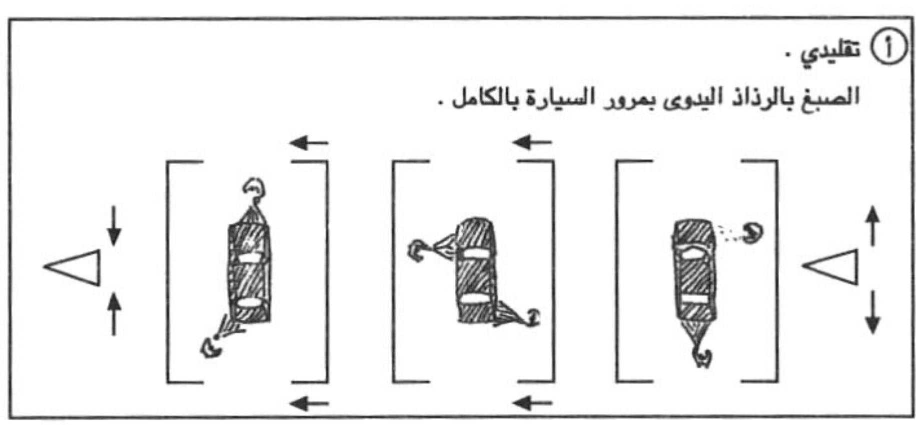
التاريخ	التطور
١٥٠٠-١٦٠٠م	- القوة المائية فى التعدين ، آلات سك العملة .
١٦٠٠-١٧٠٠م	- المخرطة اليدوية للأخشاب ، الحاسبة الميكانيكية .
١٧٠٠-١٨٠٠م	- آلة الحفر ، مخرطة القطع اللولبى ، المثقاب بالضغط .
١٨٠٠-١٩٠٠م	- مخرطة الأبراج ، آلات الطرق العامة ، الحاسابات الميكانيكية المتقدمة .
١٨٠٨م	- البطاقات المعدنية المخططة المثقبة للسيطرة الآلية لأنماط النسج على الأنوال .
١٨٦٣م	- موسيقى البيانو الآلى .
١٩٠٠-١٩٢٠م	- المخرطة المسننة ، آلة البرم المؤتمتة ، صنع القنانى المؤتمة .
١٩٢٠م	- الاستخدام الأول للإنسان الآلى .
١٩٤٣م	- الحاسبة الإلكترونية العشرية الأولى .
١٩٤٨م	- ابتكار الترانزستور .
١٩٥٢م	- النموذج الأول لآلة الرقابة العددية (NC) .
١٩٥٤م	- تطوير اللغة الرمزية (Automatically Programmed Tool) .
١٩٥٧م	- آلات الرقابة العددية تصبح متاحة تجارياً .
١٩٥٩م	- الدوائر المتكاملة ، استخدام تكنولوجيا المجاميع (GT) .
الستينيات	- الإنسان الآلى الصناعى .
١٩٦٥م	- الدوائر ذات التكامل الكبير .
١٩٦٠م	- المسيطرات القابلة للبرمجة (Programmable Controllers1970) .

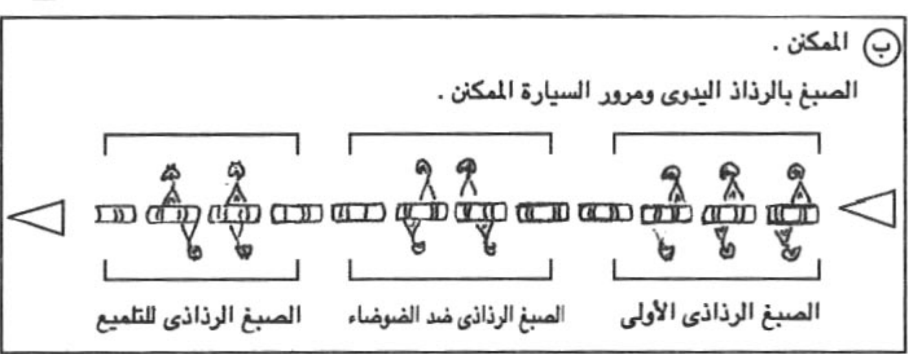
تابع – الجدول رقم (١٣– ٢)

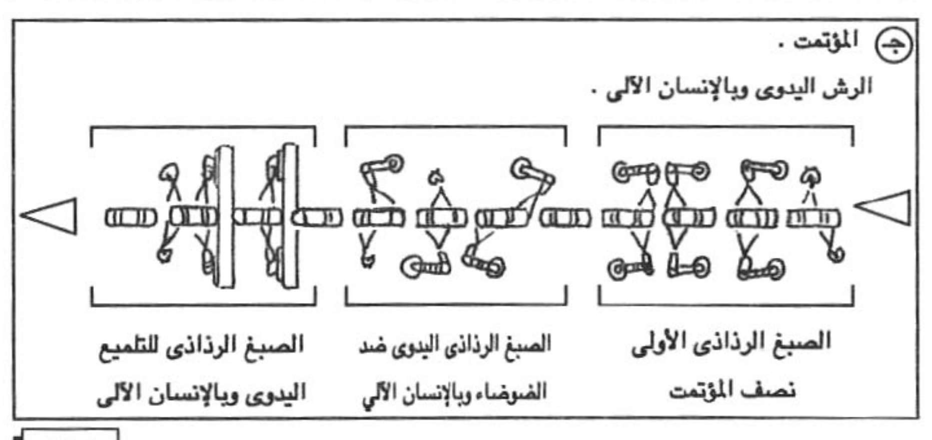
التاريخ	التطور
١٩٧٠	– أول نظام للتصنيع المتكامل ، اللحام الموضعى لهياكل السيارات بواسطة الإنسان الآلى .
السبعينيات	– المعالج المصغر ، الإنسان الآلى المسيطر عليه بالحاسبة الصغيرة ، توسع استخدام تكنولوجيا المجاميع ، أنظمة التصنيع المتكامل .
الثمانينيات	– الذكاء الصناعى ، الإنسان الآلى الذكى ، المتحسسات الذكية ، خلايا التصنيع اللابشرية .

إن هذا التطور فى الطريقة المستخدمة فى الإنتاج يوضحه الشكل رقم (١٣-٣) . حيث نلاحظ الطريقة اليدوية فى صبغ السيارة فى الشكل (أ) ، والتى تمثل المرحلة الأولى حيث كان الجهد البشرى هو الذى ينجز العمل فى جميع مراحله فى الصبغ وتحريك السيارة والصبغ الرذاذى ضد الضوضاء ، وصبغ التلميع . أما فى الشكل (ب) فإن عملية الصبغ يدوية وتحريك السيارة وتوقيته يتم آليًا . وفى الشكل (ج) فإن الإنسان الآلى يمثل الأتمتة وهى المرحلة الأكثر تطوراً . إن الأتمتة يمكن أن تعرف على أنها عملية تشغيل وتأدية العمليات المتعاقبة والمحددة مسبقًا والمسيطر عليها آليًا مع أقل أو بدون عما بشرى باستخدام معدات متخصصة لتحقيق ذلك . وقد كانت البداية فى أتمتة الإنتاج تتمثل فى أساليب الإنتاج الكبير أو الواسع وآلات النقل التى طوّرت فى العشرينيات من القرن الحالى . وهذه الآلات كانت ذات آليات مؤتمتة ثابتة ومصممة لإنتاج منتجات محددة . على أن التطورالكبير فى الأتمتة كان فى أواخر الأربعينيات عند استخدام ما يسمى بالأتمتة الصلبة ، أو ما يعرف بأتمتة ديترويت .

الشكل رقم (١٣-٣) : التطور التكنولوجى لصبغ السيارات







وقد ترافق ذلك مع الإنتاج الواسع فى صناعة السيارات . إن الأتمتة الصلبة (وتسمى أحياناً الثابتة) تكون بإقامة الآلات على نحو ثابت حسب تعاقب عمليات معينة دون القدرة على إعادة ترتيب الآلات وعملياتها إلا بعد أن تحمل كلفة عالية ، والخصائص النمطية لهذا النوع من الأتمتة هى : كلفة استثمار أولية عالية ، معدلات إنتاج عالية ، ملاءمة للطلب ذى الحجوم الكبيرة ، العمليات المتعاقبة تكون بسيطة عادة ومتكاملة لإنتاج جزء أو منتوج معين ، عدم المرونة حيث إن التغيرات فى العمليات تكون صعبة ومكلفة . وفى الخمسينيات أدخلت آلات الرقابة العددية التى أحلت الرقابة الآلية باستخدام البطاقات المثقبة والأشرطة المغنطة محل الإنسان . وفى عام ١٩٥١م استطاع (موشلى وإيكرت Mauchly and Eckert) صنع أول حاسبة عشرية تجارية من نوع (NUIVAC) ؛ ليفتح ذلك مرحلة جديدة فى استخدام الحاسبات فى الإنتاج والميادين الأخرى ، وليبدأ استخدام آلات الرقابة العددية بالحاسبة (CNC) ، وليتطور فى الخمسينيات والستينيات استخدام ما يسمى بالأتمتة الناعمة ، أوالقابلة للبرمجة ، وهى الآلات المسيطر عليها من خلال برنامج الحاسبة (التعليمات) ؛ مما أتاح استخدام هذه الأتمتة فى وجبات الإنتاج الصغيرة . والخصائص النمطية لهذه الأتمتة هى :

- كلفة استثمار أولية عالية ؛ ولكن أقل من أنظمة الأتمتة الثابتة .
- القدرة على تغيير تعاقب العمليات لتتلاءم مع اختلاف تشكيلات المنتوج ؛ حيث إن تعاقب العمليات مسيطر عليه بواسطة البرنامج (التعليمات) ؛ وأن النظام قابل لإعادة البرمجة حسب المنتوج وتغير عملياته .
- المرونة العالية تجعل النظام ملائماً لإنتاج الوجبات الصغيرة لمختلف المنتجات .
- معدلات إنتاج منخفضة نسبياً بالمقارنة مع أنظمة الأتمتة الثابتة .

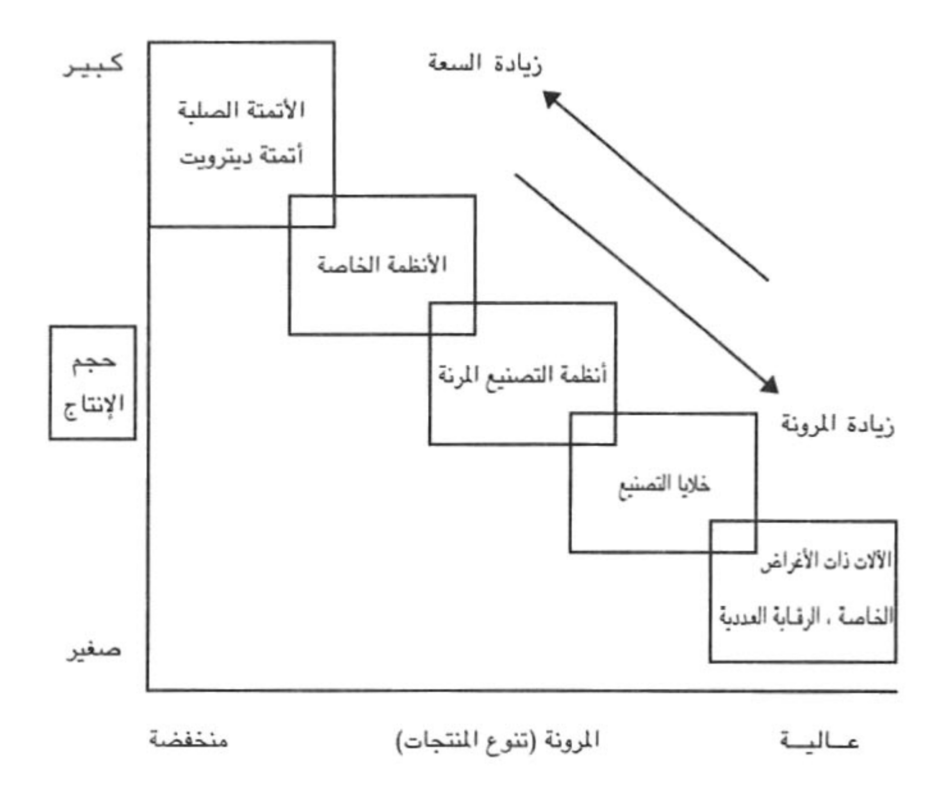
وفى السبعينيات استخدمت آلات الإنسان الآلى الصناعى فى العمليات الخطرة والملوثة ، كما استخدمت أنظمة التصنيع المرنة (FMS) ومن ضمنها الإنسان الآلى

المتغير والمرن . وكانت هذه الأنظمة تتألف من خلايا التصنيع ، كل خلية تتضمن إنسانًا آليًا مسيطرًا عليه من خلال حاسبة مركزية . وقد قادت هذه الأنظمة إلى تطبيقات مهمة فى الثمانينيات ؛ فأدخلت أنظمة التصميم بمساندة الحاسبة (CAD) ، والتصنيع بمساندة الحاسبة (CAM) ، وتخطيط التشغيل بمساندة الحاسبة (CAPP) ، وأنظمة التصنيع المتكامل بالحاسبة (CIM) ، كما شهدت الثمانينيات تطورًا فى أتمتة المكتب وأنظمة التليماتك (Telematic S.) ، كما استخدمت لزيادة المرونة فى العمل الإدارى والإشراف على الإنتاج تطبيقات حديثة لأنظمة المعلومات الإدارية (MIS) وتطويرها إلى أنظمة دعم القرار (DSS) .

كما بدأت بعض تطبيقات الذكاء الاصطناعى الذى يعنى إحلال ذكاء الحاسبة محل الذكاء الإنسانى ، ومن أمثلة هذه التطبيقات الأنظمة الخبيرة ، ومعالجة اللغة الطبيعية ، والرؤية الآلية . إن التطور الحالى يتجه نحو نمط جديد من أنماط المصانع يدعى مصنع المستقبل ، والذى سيكون مصنعًا غير بشرى ومؤتمتًا بدون أو بأقل تدخل بشرى ؛ حيث كل عمليات الفحص للمواد ، والصنع والتجميع ، والمناولة ، فحص الجودة ، والتغليف تتم بواسطة الآلات المتكاملة والمسيطر عليها بالحاسبة .

ومما يلاحظ على هذا التطور أن الأتمتة كانت تركز على الإنتاج بحجوم كبيرة ومعدل مخرجات عالٍ . وهذا ما حققته الأتمتة الصلبة التى تستخدم الآلات ذات الأغراض الخاصة التى تفتقر إلى المرونة فى الإنتاج . فرغم أن هذه الآلات تحقق استغلالاً عاليًا للسعة الانتاجية ، إلا أنها تعانى من عدم المرونة والتنوع فى المنتجات . بسبب تطور السوق والحاجة إلى التقرب من الزبون وحاجاته أصبح من الضرورى تحقيق المرونة فى التصميم والتشغيل والإنتاج ، وهذا ما حققته أنظمة التصنيع المرن (FMS) والتى تحقق نسبة استغلال عالٍ للسعة الإنتاجية مع مرونة عالية نسبيًا . والشكل رقم (١٣-٤) يوضح هذا التطور ، حيث الآلات ذات الأغراض العامة وآلات الرقابة العددية هى الأكثر مرونةً وتحقيقًا للتنوع فى المنتجات .

الشكل رقم (١٣-٤) : مجالات تطبيق وأتمتة الإنتاج



١٣-٣- تطبيقات التكنولوجيا الحديثة فى الإنتاج :

إن تطبيقات التكنولوجيا الحديثة لا يمكن حصرها فى مجال من مجالات التصنيع أو فى مرحلة من مراحله ؛ حيث تتسم هذه التطبيقات بتغطية عملية التصنيع بكل مراحلها . والجدول رقم (١٣-٥) يوضح أن التكنولوجيا الحديثة غيرت العمليات المختلفة المرتبطة بالتصنيع بدءًا من تصميم المنتوج وأعمال الهندسة وصولاً إلى مناولة المواد والتجميع والفحص والاختبار والمبيعات والتوزيع .

الجدول رقم (١٣-٥) : التطورات التكنولوجية فى الوظائف الصناعية

الوظيفة الصناعية	التطورات التكنولوجية المختارة
١ - تصميم المنتوج	- التصميم بمساعد الحاسبة (CAD) ، تصميم القدرة على التصنيع (Manufacturability) .
٢ - التصنيع / الهندسة	- المعالجة المؤتمتة للاحتياجات والرقابة على الآلات بالاعتماد على قاعدة بيانات التصميم وبرامج الحاسبة .
٣ - الهندسة الصناعية / تخطيط الاحتياجات من المواد	- تطبيقات الحاسبات فى مجال السعة ، تخطيط العمل ، الرقابة على المخزون ، الجدولة ، والرقابة على خطوط الإنتاج .
٤ - التصنيع	- الرقابة بالحاسبات على الآلات ومراكزها متعددة الوظائف .
٥ - مناولة المواد	- أنظمة الخزن والاسترجاع المؤتمتة (AS/RS) .
٦ - التجميع	- الإنسان الآلى .
٧ - الفحص / الاختبار	- الفحص البصرى المؤتمت والاختبار بمساندة الحاسبة (CAT) .
٨ - المبيعات / التوزيع	- تطبيقات الحاسبات فى التخطيط اللوجستى ، وورود الطلبيات ، التنبؤ بمواعيد التسليم .

إن التكنولوجيا الحديثة تقوم على الاستخدام الواسع للحاسبات ، ولعل هذا ما يجعل الثورة الصناعية بمثابة ثورة حاسبات . والحاسبات قد تطورت بدءاً من الجيل الأول الذى استخدم الأنابيب المفرغة ، والجيل الثانى الذى استخدم الترانزستور ، والجيل الثالث الذى استخدم رقائق الدوائر المتكاملة ، والجيل الرابع الذى استخدم الدوائر المتكاملة الكبيرة جداً ، والجيل الخامس الذى استخدم الذكاء الصناعى .

يمكن أن نشير إلى بعض البرامج الطموحة للكشف عن الجيل الخامس ؛ ففى اليابان تم تبنى مشاريع وبرامج طويلة الأمد نسبيًا لتطوير أنظمة الحساب عالية المستوى للعلم والتكنولوجيا ، وبرنامج آخر لتطوير الذكاء الاصطناعى ، وهو ما يدعى برنامج نظام حاسبات الجيل الخامس . ونعرض فيما يأتى لاستخدام الحاسبات فى أنظمة الإنتاج .

أولا : الأتمتة الصلبة والناعمة (Hard and Soft Automation)

إن كلمة أتمتة استخدمت أول مرة من قبل (D. S. Harder) فى شركة فورد الأمريكية عام ١٩٤٧م . وفى أواخر الأربعينيات تم تطوير أتمتة ديترويت التى هى عبارة عن مجموعة متكاملة من الآلات التى تقوم بسلسلة من العمليات المتعاقبة والضرورية لإنتاج المنتوج بدون تدخل بشرى . وهذا النوع من الأتمتة يبنى عادة على أسس ثابتة لا يمكن تغييرها بسهولة ؛ لهذا كانت تدعى بالأتمتة الصلبة أوالثابتة . ومن أمثلتها الأتمتة الناقلة التى استخدمت على نطاق كبير فى الإنتاج الواسع ؛ حيث الآلات متخصصة ومحددة الوظيفة ولايمكن تعديلها أو تغييرها إلى وظيفة أو عملية أخرى إلا بعد تحويرات صعبة ومكلفة .

لهذا كان التطوير اللاحق يتجه نحو آلات ذات أغراض عامة أو متعددة مع تطوير استخدام الحاسبة فى عملية البرمجة المرنة ، وهذا ما حققته الأتمتة الناعمة أو القابلة للبرمجة ؛ حيث أصبح بالإمكان إعادة برمجة الآلات بدون الحاجة إلى تغيير البرامج ، وإنما من خلال العمل على الحاسبة .

ثانيا : الرقابة العددية (Numerical Control)

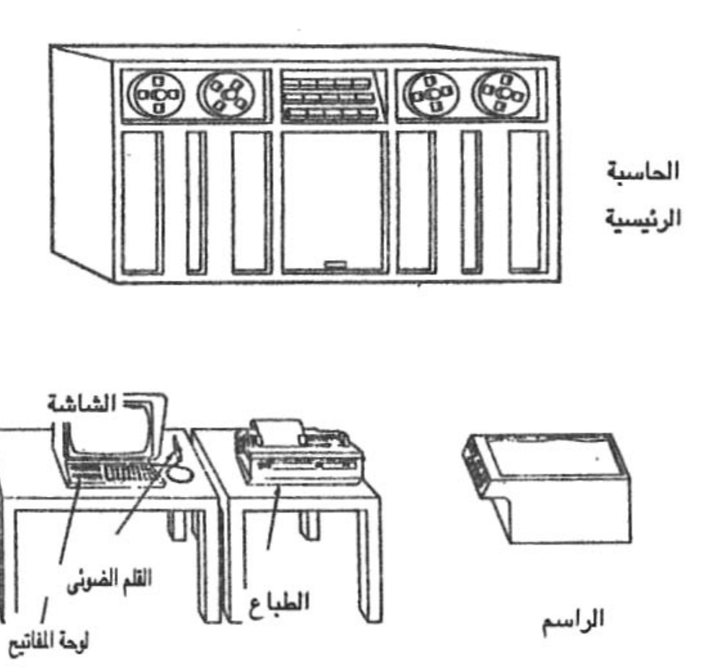
إن الرقابة العددية هى الشكل النمطى لأتمتة الرقابة بواسطة البرنامج ، حيث يتم عن طريق البطاقات المثقبة أوالأشرطة المغنطة إدخال التعليمات إلى الآلة للقيام

بالأعمال والعمليات المطلوبة . ولابد من الإشارة إلى أن فكرة نظام الرقابة بواسطة البطاقات المثقبة أدخل لأول مرة عام ١٧٢٥م من قبل بوشن (B.Bouchon) للسيطرة على الأنوال لتنسج بالطريقة المحددة . وقد وصل استعمال هذا النظام ذروته فى نول جكارد عام ١٨٠٤م ، ولازال مستخدمًا حتى الآن . أما الرقابة باستخدام الشريط المثقب فقد استخدمت فى الولايات المتحدة عام ١٩٥٢م فى آلة الطرق ذات الرقابة العددية من قبل القوة الجوية الأمريكية . وإن آلات من هذا النوع استخدمت عمليًا فى المصانع عام ١٩٥٦م ، وقد كانت المشكلة الأساسية فى آلات الرقابة العددية تتمثل فى عدم القدرة على إعادة البرمجة إلا بتغيير البرنامج ؛ لهذا كان التطور اللاحق يتجه نحو تحقيق المرونة ، وهذا ما تحقق باستخدام آلات الرقابة العددية بالحاسبة التى وفرت إمكانية إعادة البرمجة بالعمل المباشر على الحاسبة مع وجود ذاكرة خاصة بهذه الآلات يمكن استخدامها فى تأدية العمليات والرقابة عليها .

ثالثا : التصميم بمساندة الحاسبة (Computer Aided Design)

إن التصميم بمساندة الحاسبة (CAD) أحد التطبيقات المهمة للحاسبة فى مجال الإنتاج ، حيث كان التصميم اليدوى سواء فى الرسومات على الطبعات الزرقاء أو المسودات أو النماذج المادية يمثل أسلوبًا مرهقًا ومملاً وبطيئًا وأحيانًا مكلفًا ؛ لهذا فإن (CAD) ساعد من خلال الحاسبة والبرمجيات المصممة لخزن ومعالجة وتحليل وإعادة إنتاج أفكارهم وإجراءالتعديلات على أى جزء من الأجزاء . والواقع أن جوهر التصميم بمساندة الحاسبة هو استبدال التصميم اليدوى ولوحات رسم المسودات بالتصميم على شاشة المحطة الطرفية للحاسبة حيث تستخدم آلية خاصة هى القلم الضوئى لرسم التصميم على لوحة خاصة ، وفى نفس الوقت يظهر على الشاشة ؛ ليقوم باستخدام إمكانات الحاسبة فى التعديل والاسترجاع والنظر لأى جزء من أية زاوية يشاء وإدخال التعديلات على ذلك الجزء واسترجاع التصميم كله مع التعديلات ويظهر الشكل (رقم ١٣-٦) التمثيل البيانى لنظام التصميم بمساندة الحاسبة .

الشكل رقم (١٣-٦) : التمثيل البيانى لنظام التصميم بمساعدة الحاسبة (CAD)



إن الهندسة الحديثة لأنظمة (CAD) تسمح للمصممين بإنتاج نماذج هندسية ثلاثية الأبعاد ، وهذه النماذج يمكن أن تعد باستخدام النماذج الشكلية أوالنماذج الصلبة، وفى النوع الأول تمثل حافات السطوح بخطوط ، أما النماذج السطحية فتسمح لوجوه الجزء المتعددة أن تعد بشكل قشرة ، فى حين يتم تمثيل النماذج الصلبة بالنماذج الهندسية ثلاثية الأبعاد . وبعد إنجاز التصميم يقوم المصمم بحساب كتلة التصميم ، ويحدد حجمه ويختبر الخلوصات (الفراغات بين بعدين والسماحات ومركز نقل الجزء ، ونقاط قصوره الذاتى . وفى كل هذا ، فإن أنظمة التصميم بمساندة الحاسبة تقدم مزايا مهمة فى زيادة كفاءة التصميم وتحسين أداء المصمم . ويمكن أن نحدد المزايا التى تحققها أنظمة التصميم بمساندة الحاسبة كالآتى :

١- التقييم السريع للبدائل : يمكن أن يسأل المصمم باستخدام التصميم بمساندة الحاسبة ماذا يحدث للكلفة إذا تم خفض وزن أو حجم هذا الجزء ؟ وبهذا يمكن للمصمم أن يقوم بتقييم المبادلات لاختيار البديل الأفضل حيث الحاسبة تقوم بذلك بوقت قصير قد يكون عدة دقائق .

٢- تقليص الأخطاء : لأن استخدام التصميم بمساندة الحاسبة يجنب المصمم العمل المرهق ويقلص الحسابات ؛ فإنه لن يرتكب الكثير من الأخطاء فى عملية التصميم .

٣- تدنية المخاطرة فى الأشغال : باستخدام الحاسبة فإن الاستخدامات الممكنة للمنتوج يمكن أن تقيم مسبقًا ، وبهذا يتم تجنب الإخفاقات والمخاطر المترافقة معها .

٤- معدل عالٍ للعائد على الاستثمار : لأن وظيفة المصمم بطبيعتها متكررة ومعقدة وتتطلب وقتًا طويلا ؛ لذا فإن استخدام التصميم بمساندة الحاسبة سيكون مفيداً بدرجة كبيرة فى كفاءة أداء العمل وتقليص الوقت ، وأن معدل العائد على الاستثمار سيتدرج بين (١-١٠) و(١-٥٠) .

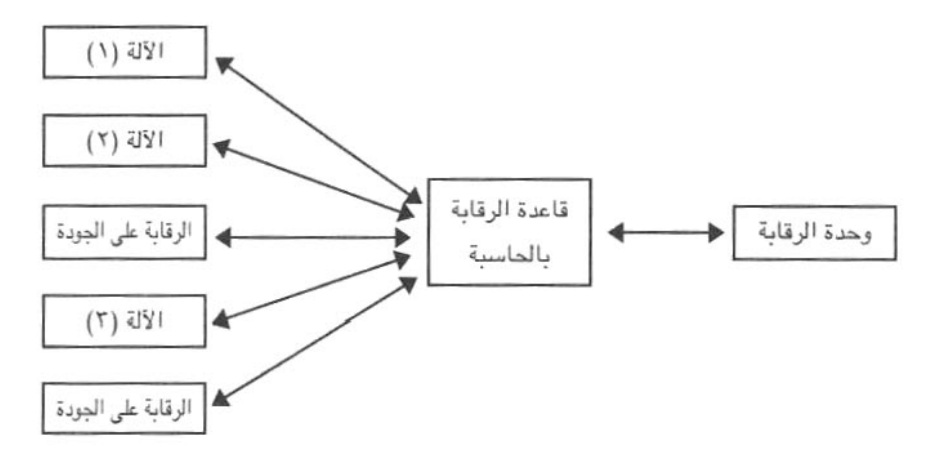
رابعا : التصنيع بمساندة الحاسبة (Computer Aided Manufacturing)

إن التصنيع بمساندة الحاسبة (CAM) يستلزم استخدام الحاسبة فى التصميم والرقابة على عملية الإنتاج (أو التصنيع) ، ويحل محل وظائف الرقابة اليدوية على معدات المعالجة والمناولة . ويمكن أن نميز فئتين أساسيتين لتطبيقات (CAM) ، الأولى : هى تطبيق التصنيع المباشر بمساندة الحاسبة فى الرقابة على عمليات الإنتاج ، والثانية : هى تطبيق (CAM) غير المباشر على أنشطة التصنيع المساندة بضمنها الرقابة على المخزون ، تخطيط السعة ، جدولة الطلبيات ، الشراء ، تخطيط الاحتياجات المادية ، الرقابة على مراكز العمل ، تقرير الجودة ، الشحن والتوزيع والأنشطة الأخرى . والواقع أن التصنيع بمساندة الحاسبة بالأصل كان يشير إلى الآلات التى تدار ببرنامج الحاسبة ، ولكن الدلالة قد توسعت لتشمل تطبيقات الحاسبة على أنشطة التصنيع بشكل مباشر أو غير مباشر ، وتطبيقات (CNC) ، والإنسان الآلى ، والمسيطرات

القابلة للبرمجة ، والمعالجات المصغرة ، أنظمة الخزن والاسترجاع المؤتمت (AS/RS) ، وأنظمة التصنيع المرن (FMS) ، والاختبار بمساندة الحاسبة (CAT) وتخطيط التشغيل بمساعدة الحاسبة (CAPP) . ويوضح الشكل رقم (١٣-٧) التمثيل البيانى لنظام التصنيع بمساندة الحاسبة .



الشكل رقم (١٣– ٧) : التمثيل البيانى للتصنيع بمساندة الحاسبة



لابد من أن نشير إلى أن لهذا النظام تأثيرات مهمة على عملية الإنتاج والتصنيع ، وكذلك على الأساليب الإدارية المتبعة ، فعلى صعيد عملية الإنتاج ، فإن فاعلية التصنيع بمساندة الحاسبة تعتمد على كفاءة ومرونة البرمجيات المستخدمة ؛ لهذا نجد أن الشركات وبيوت خبرة الحاسبات طورت عدداً من رزم برامج الحاسبة ، فمثلاً معهد إلينوى لبحوث التكنولوجيا قدم برامج عديدة منها : توازن الخط بمساندة الحاسبة (CALB) ، محاكى خط التجميع العام (GALS) ، وتحميل الآلة بمساندة الحاسبة (CAMEL) ، جدولة الوجبة بمساندة الحاسبة (CABS) ، ومحاكى التصنيع (MS) . إن مزايا تطبيق التصنيع بمساندة الحاسبة تتمثل فى الآتى :

أ ـ تحسين استغلال الموارد : إن العمال فى المصانع ذات الإدارات الجيدة ينفقون (١٥-٣٠٪) من وقتهم فى انتظار الأجزاء والأدوات وتعليمات المشرفين ، فى حين أن التصنيع بمساندة الحاسبة سيخفض ذلك الوقت العاطل بشكل كبير من خلال الجدولة الجيدة .

ب ـ تخفيض مستويات وكلف المخزون : حيث إن استخدام التصنيع بمساندة الحاسبة يساعد على تحقيق جدولة كفئة وتخطيط جيد للسعة والاحتياجات المادية ؛ مما يؤدى إلى تقليص كبير فى حجم المخزون .

ج ـ تحقيق المرونة العالية فى الإنتاج : حيث إن استخدام التصنيع بمساندة الحاسبة يوفر المرونة العالية فى معالجة الأجزاء والمنتجات ؛ مما يساعد على تحقيق استجابة أفضل لحاجات الزبون فى السوق .

د ـ تحقيق تكامل أفضل : إن تطبيق التصنيع بمساندة الحاسبة يوفر بيانات سريعة ودقيقة عن عملية الإنتاج يمكن الاستفادة منها فى الأقسام الأخرى ، كما أن هذا التطبيق يمكن أن يكون مقدمة لتطبيقات لاحقة فى الوظائف الأخرى كالتصميم من خلال (CAD/CAM) والتسويق والبحث والتطوير وغيرها من خلال (CIM) .

من جانب آخر فإن تطبيقات (CAM) يمكن أن تواجه بعض المشكلات نوجزها فى الآتى :

أ ـ نقص المعرفة والخبرة بالحاسبة : حيث إن هذا النقص يقلص من كفاءة استخدام التصنيع بمساندة الحاسبة .

ب ـ الكلف الأولية العالية : هذه الكلف تتعلق بالأجهزة والبرمجيات ، والتى يمكن أن تتزايد بشكل غير متوقع مع زيادة وتوسيع استخدام التصنيع بمساندة الحاسبة لتغطية أنشطة التصنيع المساندة .

ج ـ الاستخدام غير الملائم لقاعدة البيانات والبرمجيات لعمليات الإنتاج ؛ مما يقلص من فاعلية التصنيع بمساندة الحاسبة .

وبعد فإن استخدام تطبيقات التصنيع بمساندة الحاسبة فى الإنتاج يتطلب أساليب إدارية جديدة على مدير الإنتاج أن يطور مهاراته فيها ؛ لأنها ستكون ذات تأثير كبير على نجاح أو إخفاق هذه التطبيقات .

خامسا : تخطيط التشغيل بمساندة الحاسبة (Computer Aided Process Planning)

إن تخطيط التشغيل بمساندة الحاسبة (CAPP) يستخدم من قبل مخططى الإنتاج للتوصل إلى التعاقب الأمثل والتحديد الأفضل للآلات التى تستخدم فى خطة التشغيل لإنتاج جزء مهم من الأجزاء . إن تصميم الجزء المطلوب لكى يتم إنتاجه لابد من تحليله على أساس هندسى ؛ من أجل تصميم عملية الإنتاج والتجميع من خلال الهندسة بمساندة الحاسبة (Engineering Aided Computer) ، وهذه تتداخل مع تخطيط التشغيل بمساندة الحاسبة التى تتضمن استخدام كل البيانات الهندسية وخطط التشغيل السابقة المخزونة فى الحاسبة ؛ من أجل التوصل إلى أفضل خطة تشغيل للجزء المراد إنتاجه ؛ حيث إن هذه الخطة تحدد تعاقب العمليات الضرورية لصنع الجزء وتحديد الآلات التى ينفذ عليها وأوقات العمليات وإجراءات الإعداد ؛ مما يساعد بذلك على التوصل إلى الجدولة المثلى .

ومن أجل الوقوف حول أهمية (CAPP) نشير إلى أن الشركات الكبيرة تواجه عدداً كبيراً جداً من خطط التشغيل التى يمكن ترشيدها وتقليصها بشكل كبير باستخدام الحاسبة ؛ فقد أعلنت إحدى الشركات أنها طورت (٤٧٧) خطة تشغيل من أجل (٢٢٣) منتوجاً مختلفاً ، وبعد دراسة هذه الخطط ظهر أنه بالإمكان حذف (٤٠٠) خطة منها . وأن شركة أخرى وضعت (٨٧) خطة تشغيل تستخدم (٥١) آلة لإنتاج (١٥٠) جزءاً ، وبعد المراجعة تم الكشف عن إمكانية إنتاج هذه الأجزاء باستخدام (٨) آلات فقط ومن خلال (٣١) خطة تشغيل . وهكذا يمكن للحاسبة أن تخزن خطط التشغيل السابقة ، وعند الحاجة لإنتاج أى جزء يمكن بواسطة الحاسبة التوصل إلى أفضل خطة تشغيل لهذا الجزء فى ضوء البيانات المقدمة عنه .

هناك مدخلان لتطوير خطط التشغيل فى نظام (CAPP) :

١- المدخل المتغير (Variet Approach) الذى يقوم على إعداد خطة تشغيل قياسية أحياناً أكثر من خطة بديلة للجزء الرئيسى حيث تستخدم للأجزاء المشوهة أو الغريبة (ضمن عائلة الجزء) ، وهذا المدخل يستخدم أساليب التصنيف والترميز للأجزاء لتحديد خصائصها لملاءمتها مع خطة التشغيل للجزء الرئيسى أو عند استرجاع أفضل خطة تشغيل لذلك الجزء المطلوب إنتاجه . وفى حالة عدم وجود

خطة تشغيل يبدأ البرنامج بالبحث عن مسار وتعاقب العمليات لأجزاء مختلفة ؛ لكى يتوصل المخطط إلى خطة تشغيل تعرض على شاشة الحاسبة لتقييمها قبل الطبع .

٢- المدخل التوليدى (The Generative Approach) الذى يقوم على وضع خطة تشغيل فى ضوء المعلومات فى قاعدة بيانات التصنيع مع الاستعانة بمجموعة أسئلة تعرض على شاشة الحاسبة لتحديد الجزء بشكل تفصيلى ومختلف عمليات الإنتاج وقدراتها للتوصل إلى خطة التشغيل الملائمة التى تكون أفضل خطة لذلك الجزء فى ضوء البيانات المتاحة .

لابد من التأكيد على أن تكنولوجيا المجاميع (GT) تعتبر مثالية بالنسبة لنظام (CAPP) فبدلاً من أن يراجع مهندس التشغيل المخططات والرسوم ؛ ليحدد الآلة الملائمة لصنع الجزء فإنه يمكن من خلال خصائص الجزء التى تحدد رمزه ، أن يحدد مساره الإنتاجى وتعاقب عمليات إنتاجه . وهكذا يمكن استخدام أهم مزايا تكنولوجيا المجاميع (GT) المتمثلة فى نظام الترميز القياسى للأجزاء فى وضع وتطوير واسترجاع خطط التشغيل .

يلاحظ فى الفترة الأخيرة استخدام أساليب الذكاء الصناعى (AI) فى معالجة مشكلة تخطيط التشغيل ؛ حيث إن الأنظمة القائمة على المعرفة توفر قدرات إضافية كبيرة فى التوصل إلى أفضل خطة تشغيل من الخبرة المكتسبة من تخطيط مختلف الأجزاء .

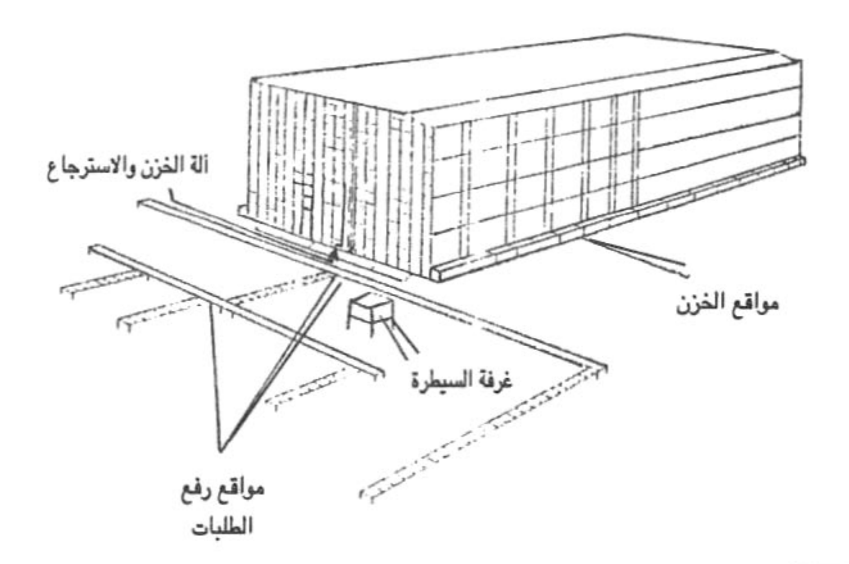
سادسا : أنظمة الخزن والاسترجاع المؤتمتة (Automated Storage and Retrieval Systems)

إن نظام الخزن والاسترجاع المؤتمت (AS/RS) ، ويدعى أحيانًا المستودع المؤتمت يستخدم فى الخدمة المخزنية والرقابة على المخزون ؛ فهو نظام يخزن ويسترجع المواد باستخدام رافعة مؤتمتة تعمل تحت رقابة الحاسبة . إن هذا النظام يحدد وصول كل حشية باستخدام تكنولوجيا الرمز الشريطى ، ويختار الموقع الشاغر الملائم على رفوف المخزن ، ويوجه الرافعة لتحريك الحشية إلى الموقع ، وبعد خزن المواد يمكن استرجاعها ؛ حيث إن الحاسبة تحدد موقع الخزن وتوجه الرافعة المؤتمتة إلى الموقع المحدد لاسترجاعها .

إن أنظمة (AS/RS) أصبحت شائعة الاستعمال ، وتستخدم بأنواع عديدة ولأغراض متعددة ؛ فهناك الأنظمة كبيرة الحجم ، كما فى المستودعات الكبيرة ذات الأعمال الثقيلة ، وأنظمة التحميل الصغيرة ، والتى تستخدم فى عمليات التجميع لجعل الخزن فى المصنع أكثر مرونة واستجابة لحاجات الإنتاج ؛ فهى تسمح بتخزين الأجزاء غير المنتهية قرب الإنتاج ؛ مما يقلص المخزون الانتقالى وبالتالى مستويات المخزون عموماً . وهناك أيضاً أنظمة الأحمال الصغيرة وهى أصغر من النوع السابق وتستخدم لحمولات صغيرة الحجم ، وتجهز من موقع الخزن إلى مراكز العمل .

تتألف أنظمة (AS/RS) عموماً من أربعة مكونات هى : تركيب المخزن ، آلات الخزن والاسترجاع ، أجهزة النقل (كأحزمة النقل والرافعات الشوكية والسيارات بدون سائق) ، وأخيراً الحاسبات للسيطرة على عمليات الخزن والاسترجاع ضمن هذه الأنظمة . والشكل رقم (١٣-٨) يظهر مكونات (AS/RS) .

الشكل رقم (١٣-٨) : مكونات نظام الخزن والاسترجاع المؤتمت (AS/RS)



سابعا : تكنولوجيا الرمز الشريطي (Bar Code Technology)

طريقة أكثر شعبية فى الاستخدام للتحديد المؤتمت للمواد فى مبيعات الجملة والخزن فى المصانع ، والشكل رقم (١٣-٩) يوضح نموذجًا للرمز الشريطى ، وكما يظهر من الشكل العام للرمز الشريطى أنه يتكون من أشرطة متباينة السمك وحيز يفصل ما بين شريط وآخر : حيث إن نمط الأشرطة والحيز يكون مرمزًا ليمثل خصائص رقمية - أبجدية .

الشكل رقم (١٣-٩) : نموذج للرمز الشريطى



إن قارىء الرمز الشريطى يقوم بحل الشفرة من خلال تعاقب هذه الأشرطة ، كما توجد فى الشكل مجموعة أرقام ، فالرقم على الجانب الأيسر يحدد معرض أو مخزن المادة ، والأرقام الخمسة الأولى من اليسار تشير إلى المنتج والخمسة الثانية تشير إلى خصائص المنتوج : وهذا ما يشيع فى الاستخدام التجارى حيث يستخدم الرمزالشريطى الدولى أو ما يدعى (١٠) (Digit Code Bar) وفى المنتجات ذات الأغلفة الصغيرة كالعلك مثلاً يستخدم أقل (٦) أرقام .

تتكون تكنولوجيا الرمز الشريطى من : رموز الرمز الشريطى (وهى إما الرمز الشريطى الدولى أو الرمز الشريطى القياسى ، أو ما يدعى (Code 39) ، قارئ الرمز

الشريطى الذى يستخدم أشعة ليزرية لقراءة الرمز الشريطى بالملامسة أو الاقتراب من الرمز ، وطباع الرمز الشريطى ، والواقع أن هذه التكنولوجيا وفرت مزايا كبيرة فى الرقابة والاسترجاع للمواد المخزنية والمعلومات المرتبطة بها بسرعة وبدقة عالية ؛ مما يحسن مستوى الخدمة للزبون من خلال الرقابة الفعالة على المواد والمنتجات فى المخازن .

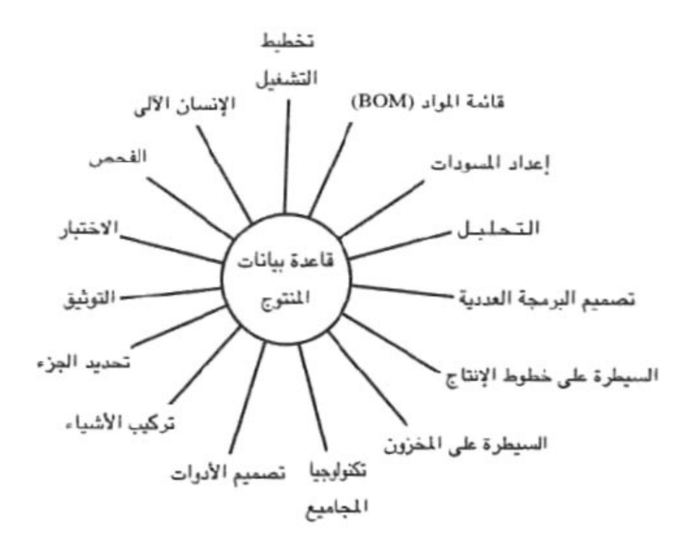
ثامنا : التصميم / التصنيع بمساندة الحاسبة (CAD/CAM)

إن أنظمة (CAD/CAM) مصممة لتحقيق تكامل التصميم والهندسة والإنتاج ؛ حيث إن هذا التكامل يمثل ميزة كبيرة فى تحقيق الاستخدام الكفء للبيانات المتاحة للتوصل إلى التصميم الملائم لقدرات التصنيع . ولاشك فى أن هذا التكامل يؤدى إلى معالجة مشكلة أساسية تتمثل فى تباين منظور التصميم فى تحديد الأشكال والأبعاد وكذلك الخصائص ومنظور الإنتاج أو التصنيع من حيث قدرات الآلات وتعاقب العمليات وجودة المواد والمهارات ؛ لهذا فإن الأنظمة المتكاملة (CAD/CAM) تحقق هذه الميزة التى تؤدى إلى أفضل استغلال لخبرات ومهارات التصميم والهندسة والتصنيع . ويلاحظ أننا نشير إلى الأنشطة الهندسية ؛ وذلك لأن الخصائص الأساسية للتصنيع فى الوقت الحاضر تجعل الهندسة بمساندة الحاسبة (CAE) جزءًا مهمًا من عملية التكامل كما سنوضح ذلك فى الفقرة التالية) .

إن النظام الفرعى (CAD) فى هذا التكامل يسمح للمصمم أن يبدع ويصمم ويضع المسودة ، ويحلل نموذج المنتوج باستخدام الأشكال البيانية المعروضة على الشاشة بمساندة الحاسبة ؛ حيث إنه يستطيع الاستعانة بقاعدة البيانات الهندسية حول المنتوج وتركيبته الفنية وأجزاء المنتوج وخصائصها . كما يمكن أن يحاكى الظروف الميدانية وصولاً إلى أفضل تقييم للمنتوج والأجزاء فى مرحلة التصميم . فى حين أن النظام الفرعى (CAM) فى هذا التكامل ينقل التصميم النهائى للنظام الفرعى (CAD) إلى مرحلة التصنيع أو التجميع ؛ حيث يساعد (CAM) فى جدولة الإنتاج ومناولة المواد وتشغيل الآلات وبرمجتها لتأدية العمليات المطلوبة بشكل يحقق الدقة والسرعة

والاعتمادية والتوقيت الملائم فى إنتاج الأجزاء والتجميعات الفرعية . وبهذه الطريقة يكون التكامل عملية ضرورية فى توحيد وتطوير الإمكانات ، وكذلك تحقيق المرونة العالية فى مرحلتى التصميم والتصنيع ؛ مما يساعد على تحقيق استجابة أفضل للسوق . وللكشف عن كفاءة النظام المتكامل (CAD/CAM) نشير إلى أن شركة جنرال موترز الأمريكية أدخلت البرنامج الجديد فى عام ١٩٧٣م والذى ساعد على تصميم نماذج السيارات الجديدة بوقت أقل من (٩) أشهر عن الوقت الأصلى ، وكان هذا يعود إلى توفير الوقت الناجم عن تصميم النموذج الأول (Prototype) باستخدام المحاكاة وتعجيل عملية الإعداد للتصنيع . ولا شك فى أن ميزة التكامل التى يحققها هذا النظام تؤثر فى جميع الوظائف أو الأنشطة ذات العلاقة بالإنتاج ، ويوضح الشكل رقم (١٣–١٠) أن كل وظائف نظام (CAD/CAM) ترتكز على قاعدة بيانات تشتمل على الرسومات ، قائمة المواد (BOM) ، الطرق الفنية للمنتوج ، والبيانات الضرورية الأخرى .

الشكل رقم (١٣–١٠) : قاعدة بيانات (CAD/CAM)



إن المزايا التى يحققها (CAD/CAM) تجمع مزايا كل من التصميم بمساعدة الحاسبة (CAD) والتصنيع بمساندة الحاسبة (CAM) بشكل أكبر جراء التكامل الذى يتحقق . وقد أظهر مسح أجرى على (٣٠٠) شركة لتحديد المنافع التى يحققها هذا النظام المتكامل ؛ فكانت النتيجة أن (٥٦٪) أكدوا زيادة الإنتاجية ، و(٢٥٪) أكدوا تحسين الجودة ، و(١٧٪) تخفيض وقت الانتظار و(٢٠٪) للايفاء بمتطلبات العقود .

تاسعا : أنظمة التصنيع المرنة (Flexible Manufacturing Systems)

إن أنظمة التصنيع المرن (FMS) تتميز بتحقيق مرونة عالية بإنتاج منتجات وأجزاء متنوعة على مجموعة من الآلات بحجوم متوسطة ؛ لذا فإنها تقع ما بين آلات الأتمتة الصلبة (ومثالها خط النقل) التى تكون بدون مرونة وتنتج بحجوم كبيرة ، وآلات الأتمتة الناعمة أو المرنة (ومثالها الرقابة العددية بالحاسبة CNC) التى تتميز بالمرونة العالية والإنتاج بكميات صغيرة . ويمكن أن نعرف أنظمة التصنيع المرن بأنها مجموعة الآلات المتصلة بواسطة نظام مناولة المواد والمسيطر عليها كليًا بالحاسبة والتى يمكن أن تعالج بشكل متزامن أجزاءً متنوعة بحجوم متوسطة وهى تتألف من :

- مجموعة محطات آلية .
- آلية النقل التى قد تكون معدات النقل أو حزاماً ناقلاً ثابتًا يوصل مابين المحطات .
- الحاسبة المركزية التى تشرف وتسيطر على جميع العمليات فى المحطات .

فى هذا النظام فإن الأجزاء تدخل وتترك التصنيع المرن عند موقع محدد ، وتنقل آلية المناولة – بشكل مؤتمت – هذه الأجزاء إلى الآلات المطلوبة حسب خطة التشغيل أو بمسار فنى محدد مسبقًا . وبسبب تنوع المنتجات فإن المسارات الفنية تختلف حسب ذلك ؛ لهذا فإن القائم بالجدولة هو الذى يحدد المسار النهائى بعد أن يحصل على البيانات الخاصة بالمنتوج وجدول الاحتياجات ؛ فيقوم بتحديد الآلات التى ستقوم بإنتاج الجزء . ولابد من أن نشير إلى أن تطور أنظمة التصنيع المرن ضرورى ؛ لأنه يعد خطوة أساسية على طريق التطور وصولاً إلى نظام التصنيع المتكامل (CIM) ،

كما أنه يوفر القدرة والخبرة للتعامل مع المرونة التى يمكن أن نحدد لها ثمانية أنماط فى سياق نظام (FMS) :

١ - مرونة الآلات : تشير إلى سهولة القيام بالتغيرات المطلوبة لإنتاج مجموعة من أنواع الجزء .

٢ - مرونة التشغيل : تشير إلى القدرة على إنتاج مزيج من الأعمال .

٣ - مرونة المنتوج : تشير إلى القدرة على التغير السريع ؛ لغرض إنتاج منتجات جديدة بشكل اقتصادى .

٤ - مرونة المسار الفنى : تشير إلى القدرة على التعامل مع الأعطال ؛ من أجل الاستمرار فى إنتاج مجموعة من أنواع الجزء .

٥ - مرونة الحجم : تشير إلى القدرة على استخدام أنظمة التصنيع المرن عند حجوم الإنتاج المختلفة .

٦ - مرونة التوسع : تشير إلى القدرة على توسيع أنظمة التصنيع المرن فى الحدود المطلوبة بسهولة .

٧ - مرونة العملية : هى القدرة على التحويل المتبادل للطلبيات على العمليات لكل نوع من الجزء .

٨ - مرونة الإنتاج : تشير إلى ما هو مشترك فى الجزء الذى يتم إنتاجه فى نظام التصنيع المرن ، أى هل أن الجزء ذو أنواع واسعة التنوع ، أم أنه محدود التنوع ؛ مما يحدد من مرونة الإنتاج .

يمكن أن نشير إلى المزايا التى يحققها استخدام أنظمة التصنيع المرن وفى مقدمتها مرونة الإنتاج التى تسمح بالتغيرات السريعة وغير المكلفة فى المنتجات والأجزاء بما يحقق كفاءة عالية فى نمط الصنع من أجل الطلبية الذى ينسجم مع اتجاهات الزبون الذى يطلب المزيد من التنوع فى المنتجات مع تخفيض تكلفة العمل المباشر ؛ حيث إن أنظمة التصنيع المرن يمكن أن تدار وتحقق مناولة المواد والتغييرات فى الآلات بعدد أقل . كما أنه يضمن رقابة أفضل على العمليات مع تحقيق جودة متسقة ؛ لأن التغير الحاصل جراء العمل البشرى سيزول بدرجة كبيرة . ففى إحدى الشركات كان استخدام أنظمة التصنيع المرن سبباً فى خفض نسبة التلف من (١٠٪) إلى (٣٪) . وأخيرا خفض الاستثمار الرأسمالى ؛ حيث إنه يحقق استغلال الآلات

بكفاءة أكبر ثلاث مرات من الآلات التقليدية مع حركة مواد أسرع ومخزون أقل وحيز مكانى أصغر .

ومن جهة أخرى ، فإن هناك محددات عديدة لاستخدام أنظمة التصنيع المرن وفى مقدمتها أن الشركات قد لا تفضل الاستثمارات الكبيرة فى التكنولوجيا كالتى يفرضها الاستخدام الجديد لنظام التصنيع المرن ، وتفضل عليه الإدخال التدريجى للآلات ، كما أن (FMS) تتطلب تهيئة واسعة ؛ من أجل الاستخدام بكفاءة ، فإلى جانب المهارات والطرق الجديدة المطلوبة فى الإشراف والجدولة " فإنها تتطلب معالجة جديدة لتصنيف وترميز الأجزاء كالتى توفرها تكنولوجيا المجاميع للأجزاء ، وهذا يتطلب استثماراً إضافياً . وأخيراً فإن (FMS) لا تمثل الدواء العام لكل مشكلات الإنتاج ، بل إنها قد توجد ميلاً نحو المزيد من الاستثمارات الكبيرة ، خاصة أنها تظهر بمثابة نظام تصنيع متكامل صغير (Mini CIM Systems) لذلك فإنها مرحلة لابد من اجتيازها .

عاشرا : التصنيع المتكامل بالحاسبة (Computer Integrated Manufacturing)

إن التصنيع المتكامل بالحاسبة (CIM) يغطى نطاقًا أوسع فى التكامل من بقية الأنظمة ؛ فهو يمثل متكاملاً أشمل من نظام (CAD/CAM) ، من حيث إنه يمتد ليشمل وظائف أخرى ، كما هو الحال فى التسويق ، إدخال الطلبية ، الصيانة ، المحاسبة ، الشحن ... إلخ . وبفعل هذا التكامل الواسع ؛ فإنه يحمل بدايات مصنع المستقبل كامل الأتمتة ، ويمكن تعريف التصنيع المتكامل بالحاسبة بأنه مجموعة متكاملة من الوظائف والأنظمة الفرعية بدءاً من التسويق (تحديد احتياجات وطلبات الزبائن) ، ومروراً بالتصميم والهندسة والإنتاج والأنشطة المساندة وصولاً إلى شحن المنتوج ، والتى تتم الرقابة عليها بمساندة الحاسبة . والواقع أن الشركات التى تتبنى التصنيع المتكامل بالحاسبة تعمل على خلق قاعدة بيانات مشتركة توفر علاقات متبادلة مابين الأنظمة فى الشركة بما يسمح بتبادل المعلومات بينها . وبهذه الطريقة فإن (CIM) يزيل الازدواجية فى جمع المعلومات ، ويحقق سرعة عالية فى تدفق المعلومات .

ومن الواضح أن هذا التكامل الذى يحققه (CIM) لايمثل مسألة فنية – معلوماتية فقط ، وإنما هو فى جوهره يمثل مسألة إدارية ؛ لهذا فإن التكامل فى نظام (CIM) يمكن تحديده فى جانبين أساسيين هما :

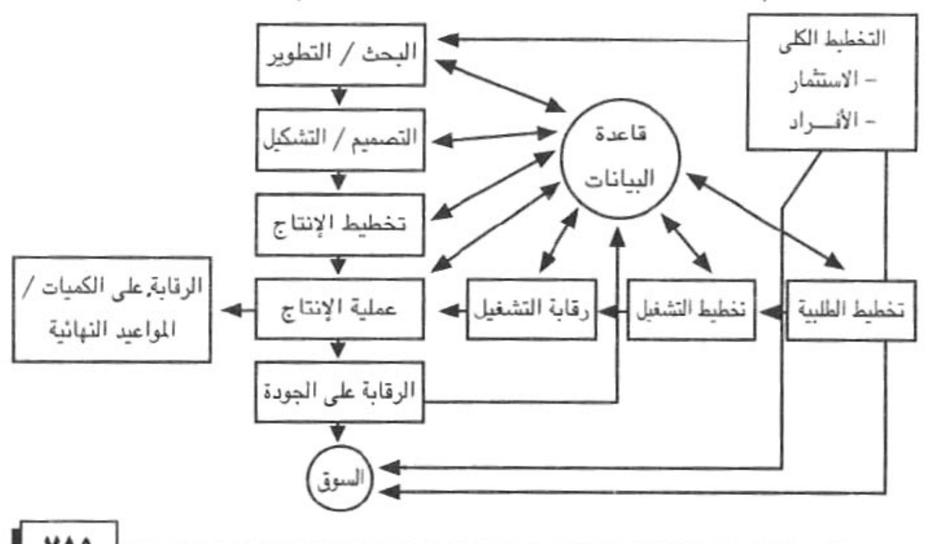
أ - التكامل الأفقى (Horizental Integration) : حيث إن (CIM) يغطى ما قبل عملية الإنتاج (وضع الطلبية وتخطيط التشغيل) وما بعد عملية الإنتاج (مثل الرقابة على الكميات والمواعيد الأخيرة) .

ب- التكامل العمودى (Vertical Integration) : حيث إن (CIM) يحقق تكامل أنظمة التصميم بمساعدة الحاسبة (CAD) أو الهندسة بمساعدة الحاسبة (CAE) ، والتصنيع بمساعدة الحاسبة (CAM) لتغطية العملية كلها من التصميم إلى إنتاج المنتوج وحتى شحنها. إن الشكل رقم (١٣-١١) يوضح التكامل الأفقى والعمودى لنظام المعلومات فى (CIM) فى الشركة .

إن مزايا التصنيع المتكامل للحاسبة تتمثل فى خفض كلفة العمل المباشر ؛ حيث إنه يقلص حجم العمل المباشر بشكل كبير ، كما أنه يساعد بدرجة كبيرة على تحقيق التكامل ما بين الأنظمة التى يتزايد استخدام التكنولوجيا الحديثة فيها باستمرار فى الوظائف المختلفة ، كما يحقق مستوى عاليًا من استغلال السعة المتاحة تتراوح ما بين (٧٠-٩٠ ٪) رغم المرونة العالية التى يمكن أن يحققها بسبب استخدام الحاسبة فى الرقابة على التصميم والهندسة والإنتاج والاستجابة للسوق .



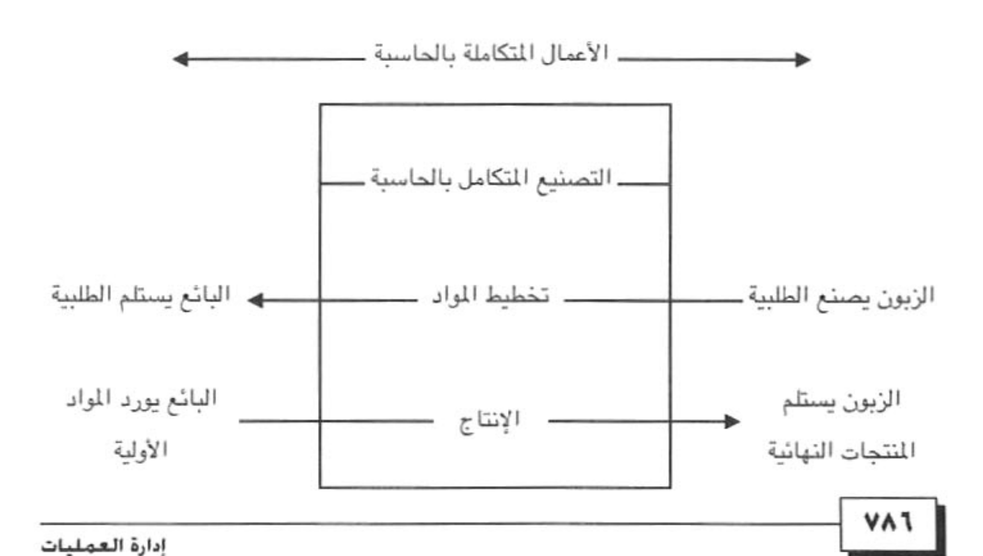
الشكل رقم (١٣-١١) : التكامل الأفقى والعمودى لنظام المعلومات فى (CIM)



ومن جهة أخرى فإن التصنيع المتكامل بالحاسبة (CIM) يتطلب استثمارات مالية كبيرة . كما أن كفاءة الاستخدام لهذا النظام تتطلب مهارات فنية وإدارية لابد من تهيئتها لضمان الكفاءة ؛ لتظل الملاحظة الأخيرة هى أن بعض المحاولات تجرى من أجل توسيع التكامل إلى ماهو خارج التصنيع وأنشطته المساندة . والشكل رقم (١٣-١٢) يوضح الرؤية الأوسع للأعمال المتكاملة بالحاسبة مقارنة مع (CIM) .

هذه الرؤية تنسجم مع ما ينادى به البعض حول الأعمال المتكاملة بالحاسبة بوصفها نظامًا أشمل نطاقًا وأوسع تكاملاً على مستوى أعلى من مستوى الجدران الأربعة للتصنيع المتكامل بالحاسبة (CIM) . وبهذا يمكن شمول وظائف أخرى بالنظام كالمبيعات والبائعين والمجهزين فتكون متكاملة مع (CIM) . والواقع أن هذا الاتجاه ينسجم مع الرؤية الكلية للشركات والأعمال حيث ؛ إن التأكيد يتزايد فى أن تكون الوظائف المختلفة فى خدمة أهداف الأعمال .

الشكل رقم (١٣-١٢) : نطاق الأعمال المتكاملة بالحاسبة



أحد عشر : الإنسان الآلى الصناعى (Industrial Robot)

يعتبر الإنسان الآلى من الإنجازات المهمة للتكنولوجيا الحديثة ، ورغم أن الإنسان الآلى لم يأخذ شكل الإنسان وصورته : إلا أن التسمية تعكس بشكل واضح طموح الإنسان فى أن يخلق نظيره ليس فقط فى القدرة وإنما أيضًا فى الشكل والصورة . ويمكن تعريف الإنسان الآلى بأنه جهاز قابل لإعادة البرمجة ومصمم لمعالجة ونقل القطع والآلات ، أو القيام بأعمال صناعية معينة من خلال حركات مبرمجة متغيرة ، وقد يعرّف بأنه آلات ذات أغراض عامة قابلة للبرمجة لديها بعض السمات المجسمة بهيئة بشرية ، والتى تستخدم لمناولة الأجزاء ، التحميل ، التفريغ ، الصبغ الرذاذى ، اللحام والتجميع .

ومن ناحية تاريخية : فإن مصطلح الإنسان الآلى (Robot) أدخل فى عام ١٩٢٠م ، ومع أن كتاب الإنسان الآلى الذى قدمه (ريتشارد باوسن R.Powson) يشتمل على نماذج ومحاولات على الإنسان الآلى (وأيضًا الوزة الآلية) سبقت ذلك بقرون عديدة ، إلا أن هذه النماذج كانت أجهزة ميكانيكية وليس إنسانًا آليًا بالمعنى الحديث . وفى عام ١٩٢٧م وضع (وينسلى R.J.Wensley) من شركة وستنكهاوس آلة تشبه الإنسان الآلى هى التليفوكس (Televox) . ويعود تطور الإنسان الآلى إلى الفكرة السائدة فى مجال الإنتاج ، حيث إن العمل يجزئ إلى عمليات صغيرة وبسيطة يمكن إنجازها بسرعة كبيرة من قبل العامل يتم تدريبه عليها ويقوم بتكرارها وبشكل مستمر . وفيما بعد فإن أغلب هذه العمليات أخذت تُؤَدَّى آليًا من خلال المكننة والأتمتة . وخلال الستينيات قام الإنسان الآلى بإنجاز بعض العمليات البسيطة فى صناعة السيارات . ولكن فى السبعينيات استخدمت تكنولوجيا الحاسبات فى الإنسان الآلى ليتحول إلى آلات قابلة للبرمجة ، وفى الثمانينيات بدأ الإنسان الآلى ذو الإدراك الحسى ، والذى يدعى أحيانًا الإنسان الآلى الذكى وهو الجيل الثالث الذى دخل فى الاستخدام (والإطار رقم ١٣-١ يقدم بيانات إضافية عن المساهمين فى تطور الإنسان الآلى) .

ولقد حقق استخدام الإنسان الآلى قبولاً كبيرًا ؛ وذلك لأنه يحل محل الإنسان العامل فى الأعمال الخطرة والملوثة والصعبة جدًا ، إضافة إلى استخدامه فى

مواقع عمل لايمكن للإنسان العمل فيها كما فى العربات المسيطر عليها عن بعد التى تعمل تحت الماء ، أو الإنسان الآلى المزود بآلة تصوير للعمل تحت الأرض فى الأنفاق الخاصة بالتنظيف أو متابعة خطوط الأسلاك تحت الأرض ، وكذلك تلك التى تعمل فى الفضاء الخارجي وهذه الاستخدامات فى تزايد مستمر وتنوع دائم . ويتكون الإنسان الآلى من الأجزاء الآتية :

أ - نظام تحريك الأجزاء : هو ما يمثل التركيب الميكانيكى لضمان حركة الأجزاء فيه .

ب - الذراع : هو الجزء المفصلى الذى يدور أو يتحرك فى الإنسان الآلى .

ج - الرسغ : هو الجزء المنتهى من الذراع المفصلى .

د - القبضة : هى النهاية الفعالة للقبض والإمساك .

هـ - اليد : هى جزء من القبضة التى تتألف من فكى الكماشة القادرة على الإمساك .

إن نظام الرقابة في الإنسان الآلى يتباين من نظام التوجيه الآلى ، كما فى إنسان التعلم اليدوى الآلى كما فى الشكل رقم (١٣-١٣-أ) ، والنظام الميكانيكى - الكهربائى البسيط مع جهاز توجيه للحركة والتوقف والاتجاه ... إلخ .

* إطار رقم (١٣-١)

المساهمون فى تطور الإنسان الآلى الحديث :

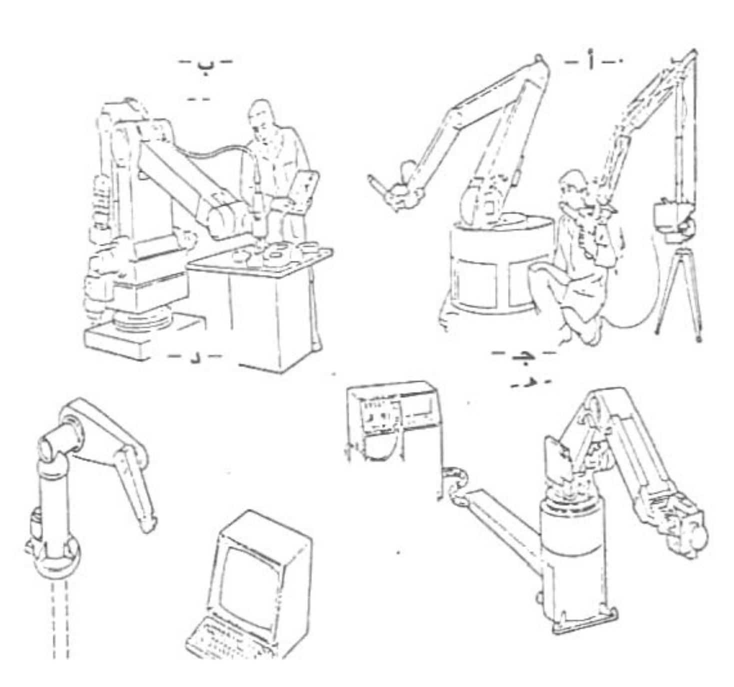
- جارلس بابيج (١٨١٢م) (Ch.Babbage) أبو الحاسبة الحديثة .
- نوبرت وينر (N.Wiener) : وهو مؤسس علم السبرانية (Sybernetics) (دراسة أنظمة الرقابة فى البشر والآلات) ، وكان يحلم بما يدعوه الإنسان السبرانى (Cyberman) الذى هو نصف إنسان ونصف آلة .
- آلن تورنك (A.Turing) : الرياضى البريطانى الذى عمل على أول حاسبة بريطانية ، والذى اقترح أول اختبار نظرى لذكاء الآلات .
- كلاود شانون (C.Shannon 1938) : أكد على أن المرحلة الكهربائية (Electrical Relay) يمكن أن تقوم بعمليات منطقية ؛ ليبتكر بعدئذ النظرية العامة للمعلومات .

تابع الإطار رقم (١٣-١)

- كرى والتر (G.Walter) : أواخر الأربعينيات قام ببناء مجموعة من السلاحف الإلكترونية التى كانت حساسة للضوء وتستطيع تجنب العقبات .
- دوزيف إنكلبيركر (J.Engelberger) : مؤسس شركة يونيمشن (Unimation Inc.,) الشركة الأولى التى تقوم أعمالها على تكنولوجيا الإنسان الآلى .
- جورج ديفول (G.C.Devol) : الذى يعتبر (أبو الإنسان الآلى الصناعى) الذى تقدم عام ١٩٥٤م للحصول على براءة اختراع فى (Programmed Artical Transfer) ، وصدرت له البراءة عام ١٩٦١م .
- معهد ستانفورد للبحوث (Standford Research Institute) : طَور فى (١٩٦٨م) الإنسان الآلى المعروف (Shakey) ، وهو أول إنسان آلى متحرك ومزود بآلة تلفازية تعمل ككاشفة تصلة بالحاسبة .
- نولان بوشنيل (N.Bushnell) : مؤسس شركات حاسبات الأتارى وألعاب الفيديو (Atari computer and vedio games) وقد طور إنسانًا آليًا منزليًا باسم (Tobo) يسيطر عليه بحاسبة شخصية بواسطة الأشعة فوق الحمراء .
- فى اليابان فى عام (١٩٦٨م) شركة (Kawasaki) بترخيص من شركة (Unimation Inc.,) تبنى أول إنسان آلى صناعى وهى الآن من أكثر الدول التى لديها شركات منتجة للإنسان الآلى فى العالم ، ففى عام ١٩٨٢م أقامت اليابان (١٦٥٠٠) إنسانًا آليًا مقابل (٨٠٠٠) فى الولايات المتحدة و(١٧٥٠) إنسانًا آليًا فى بريطانيا .
- Source : R. Powson, The Robof Book, Frances Lincolin Limited, London. 1985, pp 14-5

كما فى الشكل (١٣-١٢-ب) وصولاً إلى الرقابة بالأنظمة الأكثر تعقيداً باستخدام برمجة الحاسبة من خلال الإنسان الآلى القابل للبرمجة بإدخال التعليمات الضرورية مباشرة إلى ذاكرة الإنسان الآلى ، كما فى الشكل رقم (١٣-١٢-ج) ، أوالبرمجة عن بعد عبر خط اتصالات مرتبط بالحاسبة كما فى الشكل (١٣-١٣- د) .

الشكل رقم (١٣-١٣) : أنظمة الرقابة فى الإنسان الآلى الصناعى



يقدر العدد الكامل لوحدات الإنسان الآلى الصناعى المستخدمة فى عام١٩٨١م فى العالم بحوالى (٣٠) ألف وحدة ، و(٣٩) ألف وحدة عام ١٩٨٢م و(٥٠) ألف وحدة فى عام ١٩٨٣م . ووفق الاتجاه الحالى فإن عدد وحدات الإنسان الآلى يتضاعف كل سنتين ، ويتوقع فى عام ٢٠٠٠م أن يبلغ عددها حوالى (١٠) ملايين وحدة فى العالم . أما المزايا التى يحققها استخدام الإنسان الآلى فقد حددها أحد المسوح التى أجريت على (٦٠٠) مصنع حيث كانت هذه المزايا مرتبة حسب الأهمية كالآتى : زيادة الإنتاجية (٩٤٪) ، استقرار جودة المنتوج وكفاءة العمل (٦٩,٧٪) ، تحسين سلامة العمل (٥٢,٨٪) تغير اتجاهات العامل (٥١,٤٪) ، مواجهة نقص العاملين والعمال المهرة (٤٥٪) ، زيادة مرونة نظام الإنتاج (٣٩,٧٪) ، وتقدم هندسة وتكنولوجيا

الإنسان الآلي (٣٧,٣٪) . والواقع أن لاستخدام الإنسان الآلي إيجابيات واضحة تتمثل في الآتي :

أ - نمط العمل : حيث إن إدخال الإنسان الآلي يتم في الأعمال غير المرغوبة كالأعمال الملوثة ، الرتيبة ، المرهقة ، المتكررة ، الخطيرة ، والثقيلة .

ب - المخاطر : حيث يستخدم الإنسان الآلي في السطوح الحارة ، المعادن المصهورة ، المواد السمية ، الغبار ، الحوامض والقلويات ، المواد الآكلة ، مخاطر الانفجار ، الحريق ، الكهرباء ، الدخان ، ونقص الأوكسجين .

ج - الشروط البيئية : حيث يمكن استخدام الإنسان الآلي في ظروف البرودة ، الحرارة ، الإجهاد البصري ، العمل في الظلام ، الإشعاع ، الاهتزاز ، الروائح الكريهة ، الضوضاء ، العزلة ، العمل الذي يصعب الوصول إليه .

د - المرونة العالية : حيث إن استخدام النماذج الحديثة للانسان الآلي القابلة للبرمجة يوفر إمكانيات كبيرة في إنتاج منتجات متنوعة شأنه شأن الآلات ذات الأغراض العامة ، والإطار رقم (١٣-٢) يوضح نماذج الإنسان الآلي بضمنها النماذج الحديثة التي توفر مرونة عالية .

أما المحددات الأساسية لاستخدام الإنسان الآلي فتتمثل في الاستثمارات المالية الكبيرة التي تتطلب الكلفة العالية لوحدة الإنسان الآلي ، وكذلك في الآثار الاجتماعية السلبية في إزاحة العاملين ورفع معدلات البطالة ؛ حيث يقدر أن إدخال كل وحدة من وحدات الإنسان الآلي يزيح بالمتوسط (٤-٥) عمال من أعمالهم . وهناك مشكلات السلامة المهنية التي بدأت تظهر جراء استخدام تكنولوجيا الإنسان الآلي ففي أواخر الثمانينيات كانت اليابان تمتلك أكثر من (١٠٠) ألف إنسان آلي ، وسجلت (٣٠٠) إصابة عمل بسبب الإنسان الآلي إضافة إلى المخاطر التي يمثلها الإنسان الآلي للعاملين ؛ مما دفع يوكو ميزو وزملاءه (Y.Yokomizo et al.,) إلى تقديم قواعد مرشدة لتكنولوجيا الإنسان الآلي نشير إليها في الآتي :

- القاعدة (١) : إن الإنسان الآلي يجب أن يوضع ويستخدم بهدف المساهمة في رخاء وتطور البشر .

- القاعدة (٢) : إن الإنسان الآلى لا يحل محل البشر فى الأعمال التى يفضلون القيام بها ، وإنما فى الأعمال التى لايرغبون القيام بها لاعتقادهم بأنها مؤذية .
- القاعدة (٣) : إن الإنسان الآلي ينبغى أن يخضع لسيطرة البشر ، وألا يكون مقلقًا أو مؤذيًا من الناحية النفسية والبدنية للعاملين .
- القاعدة (٤) : إن الإنسان الآلى يجب أن يخضع لسيطرة البشر ، وألا يكون مؤذيًا لغيرهم وليس فقط لهم .
- القاعدة (٥) : إذا حل الإنسان الآلى محل البشر فى أعمال معينة ؛ فيجب الحصول على الموافقة المسبقة من الناس المتأثرين بذلك .
- القاعدة (٦) : إن الإنسان الآلى يجب أن يصنع بشكل سهل التشغيل من قبل العاملين ، وأن يتابع بيسر تأدية الدور المساعد لهم .
- القاعدة (٧) : حالما ينتهى الإنسان الآلى من المهام المحددة له ينبغى أن يترك المجال ، وألا يتداخل مع العاملين أو مع وحدات الإنسان الآلى الأخرى .

* الإطار رقم (١٣-٢) :

أنواع الإنسان الآلى :

١ - الإنسان الآلى للالتقاط والوضع : (Pick and Replace Robot) هو النموذج الأبسط ، وتأتى تسميته من تطبيقاته المألوفة فى مناولة المواد ، التقاط شىء من موضع ما ، ووضعه فى آخر مع حرية حركة محدودة عادة فى اتجاهين أو ثلاثة : خارج وداخل ، يسار ويمين ، أعلى وأسفل . ومثاله نظام الرقابة الكهربائى - الميكانيكى وسعره فى الولايات المتحدة يتراوح بين (٥-٣٠) ألف دولار .

٢ - الإنسان الآلى المؤازر (Servi Robot) : هو النموذج الأكثر شيوعًا ؛ لأنه يمكن أن يتضمن كل أنواع الإنسان الآلى الموصوفة أدناه ، وأن تسميته تأتى من واحد أو أكثر من الآليات المؤازرة (Servomechanisms) التى تحرك الذراع والقبضة وتحول الاتجاه فى المجال ، وخمس إلى سبع حركات موجهة تكون مشتركة بالاعتماد على عدد من مفاصل ذراع الإنسان الآلى .

٣ - الإنسان الآلى القابل للبرمجة (Programmable Robot) : هو النموذج الموجه من قبل مسيطر قابل للبرمجة ؛ ليظهر تعاقب حركات الذراع والقبضة . وهذه الطريقة المحددة للحركات يمكن أن تستبدل باستمرار ، وأن الإنسان الآلى يكون قابلاً للبرمجة ، ويسهل توجيهه إلى مهمة جديدة . وهذا سعره يتراوح بين (٢٥-٩٠) ألف دولار .

تابع – الإطار رقم (١٣-٢)

٤ – الإنسان الآلى على أساس الحاسبة (Computerized Robot) : هو نموذج مؤازر يدار بالحاسبة ، والتعليمات الجديدة تنقل إليه إلكترونيًا . والبرمجة فى الإنسان الآلى الذكى (Smart Robot) تتضمن القدرة على أمثلية التعليمات فى العمل الروتينى وسعره يبدأ بحوالى (٣٥) ألف دولار .

٥ – الإنسان الآلى الحساس (Sensor Robot) : هو نموذج إنسان آلى بحاسبة مع واحدة أو أكثر من الحواس الاصطناعية وعادة يرى ويتكلم ، والسعر بالنسبة للنماذج المبكرة يبدء بحوالى (٧٥) ألف دولار .

٦ – إنسان آلى التجميع (Assembly Robot) : هو نموذج حاسبة وعلى الأرجح نموذج متحسس ومصمم بشكل خاص لأعمال خط التجميع ، وفى التطبيقات فإن تصميم الذراع فيه سيكون أنثروبومتريًا .

- Source : WJ Stevenson, Production\Operations Management, Irwin, Homewood, Boston, 1990, p303.

اثنا عشر : الذكاء الاصطناعى (Artificial Intelligence)

إن الاتجاه المتصاعد نحو استخدام أتمتة الإنتاج لابد من أن يعود إلى الاهتمام باستخدام الذكاء الاصطناعى (AI) . ولكن ماذا يعنى الذكاء الاصطناعى ؟ إن الذكاء الاصطناعى هو ذلك الحقل من علم الحاسبات الذى يهتم بتصميم أنظمة حاسبة ذكية ، أى النظام الذى يظهر خصائص توصف بالذكاء فى السلوك البشرى . ولكن ماذا يعنى هذا أيضًا ؟ وللإجابة نشير إلى أن ما تنبأ به الرياضى الأمريكى الهنكارى الأصل (نيومان Jon Von Neumann) فى الخمسينيات من هذا القرن بأنه سيأتى يوم يمكن للآلة أن تصنع آلة أكثر تعقيدًا من نفسها . وهذه هى تكنولوجيا الثمانينيات والتسعينيات القائمة على الذكاء الاصطناعى . وهذه التسمية قد ابتكرها (جون مكارثى J.MeCarthy) من معهد ماسشيوسيتس للتكنولوجيا (MIT) فى أواخر الخمسينيات كطريقة للتفكير حول البرمجيات التى تبشر بتطبيقات جديدة للحاسبات ؛ لأنه سيسمح لها أن تصدر الأحكام ، وتتخذ القرارات برغم المعلومات غير الكاملة .

إن الذكاء الاصطناعى (AI) بالمعنى الواسع يشير إلى استخدام الحاسبات لتحل محل الذكاء البشرى ، والذكاء يعرف بأنه القدرة الذهنية لإدراك وحفظ وتوسيع الحقائق

والتفكير حولها وصنع القرارات الملائمة إزاءها . وفى الكائن البشرى هناك الحواس والدماغ المعقد هو الذى يقوم بهذه الوظائف . وعلى أساس هذه الوظائف يمكن أن نحدد رؤيتين أساسيتين حول الذكاء الاصطناعى : الرؤية الأساسية الأولى تشير إلى أن الحاسبات تضاهى السلوك الذكى بقدرتها على تمييز الكلام ، النظر، وخزن واسترجاع ومعالجة المعلومات . والرؤية الأساسية الثانية تشير إلى أن الحاسبة فى آخر الأمر ستكون قادرة على التفكير مثل الكائن البشرى وضمن ذلك التعلم من نفسها والتبرير والاستنتاج والتفسير والتخطيط . وهذا سيقود فى النهاية إلى أن تحل الآلة محل العقل البشرى .

إن مجالات الذكاء الاصطناعى يمكن تحديدها فى ثلاثة مجالات : الأنظمة الخبيرة ، اللغة الطبيعية ، والرؤية الآلية ونعرض فيما يلى لهذه المجالات .

أ – الأنظمة الخبيرة (Expert Systems)

إن النظام الخبير (ويدعى النظام القائم على المعرفة) يعرف بأنه نظام حاسبة ذكى له القدرة على حل المشكلات الصعبة باستخدام المعرفة وطرق الاستدلال . إن المعرفة أومجموعة المعلومات يعبر عنها برموز الحاسبة وعادة بشكل قواعد (إذا–عندئذ) . وإن نموذج الرموز فى الأنظمة الخبيرة يقوم على الحقائق والبيانات والافتراضات والتعريفات التى تعتمد على الخبرة المجمعة ومعرفة الخبراء البشر . ومن الناحية المثالية ، فإن النظام يكون قادراً على صنع القرارات باستخدام المدخل التجريبى ، أى التوصل إلى الأحكام الجديدة بالاكتشاف مثلما يفعل الخبير . إن الشكل رقم (١٣–١٤) يمثل التركيب الأساسى للنظام الخبير ؛ حيث إن القاعدة المعرفية تتألف من قواعد المعرفة (المعلومات العامة حول المشكلة) وقواعد الاستدلال (طريقة التوصل إلى الاستنتاجات) ، وأن النتائج تصل إلى المستفيد من خلال تداخل اللغة الطبيعية . وكما يلاحظ من الشكل (١٣–١٤) فإن النظام الخبير يتألف من :

١ – المعرفة المؤلفة من الحقائق المرتبطة بالمجال المطبق فيه النظام .

٢ – المعرفة المؤلفة من القواعد المرتبطة بالمجال والضرورية لاستخلاص الاستنتاجات .

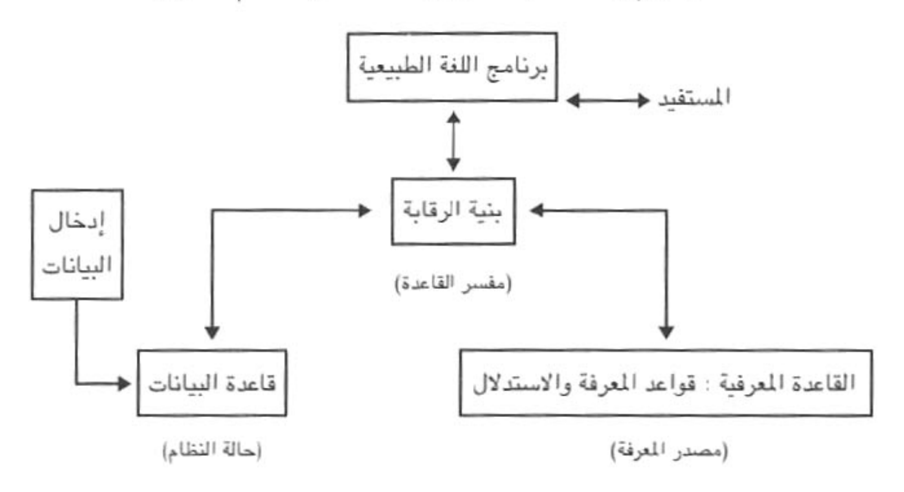
٣ – المفسر (Interpreter) الذى يطبق القواعد .

٤ – آلية وضع الطلبات التى تستدعى تطبيق القواعد .

٥ – منفذ الاتساق (Consistency Enforcer) بالنسبة إلى المعرفة الجديدة عند وضعها أو عند شطب المعرفة القديمة .

٦ – المبرر (Justifier) الذى يفسر جدل أو حوار النظام .

الشكل رقم (١٣–١٤) : التركيب الأساسى للنظام الخبير



لاشك أن الأنظمة الخبيرة توفر إمكانات كبيرة للتطبيق فى الإنتاج ؛ إذ إنها يمكن أن تخدم فى اتخاذ القرارات فى مشكلات الإنتاج ذات العلاقة باختيار المنتجات وخطط التشغيل ونمذجة المسائل المتعلقة بالصيانة والجدولة والتسهيلات وغيرها . فمثلاً فى تخطيط التشغيل هناك أنظمة عديدة منها نظام (GARI) وهو نظام قائم على المعرفة ، ونظام (SIPP) ونظام (TOM) ، وهذ الأخير قد تم تنفيذه فى جامعة طوكيو ، ويركز

على إنتاج خطط الآلات التفصيلية . أما فى مجال الصيانة فهناك نظام (DELTA) وهو نظام خبير مطور من قبل جنرال إلكتريك (GE) ، وهذا النظام يبدأ بسلسلة من الأسئلة التفصيلية ، وفى كل خطوة يقوم المفسر بالتسبيب وتحديد القصور ، وهو يشمل أكثر من (٥٠٠) قاعدة لخدمة النظام .

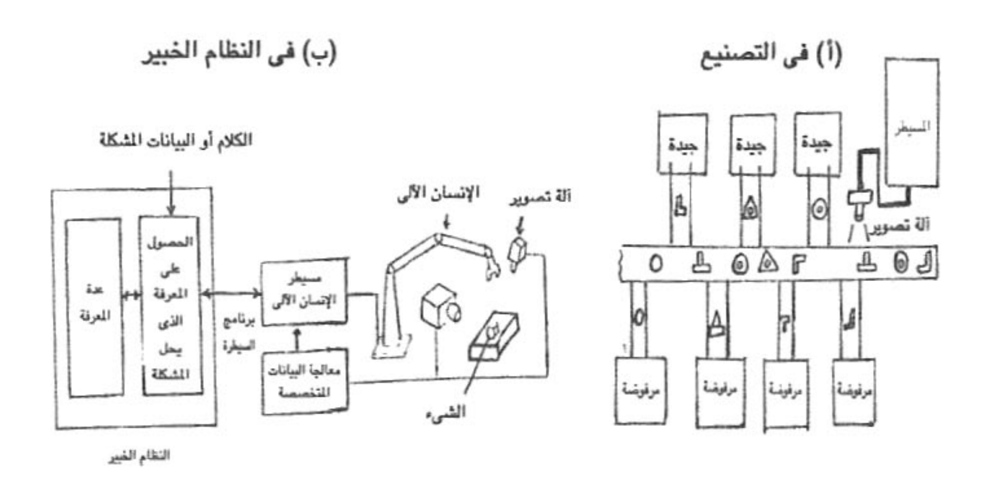
ب – اللغة الطبيعية (Natural Language)

إن برنامج اللغة الطبيعية (NL) يسمح للمستفيد بالاتصال بالحاسبة بلغة المستفيد ، أو أن يعمل البرنامج كأذان للحاسبة . وهى الآن فى مراحل مختلفة من التطوير ؛ حيث سيتمكن المستفيد من الحصول على المعلومات من قاعدة البيانات من خلال إدخال الأوامر باللغة الإنكليزية بشكلها البسيط . ومن الجدير بالذكر أن الأنظمة الخبيرة تستخدم عدة لغات رمزية منها اللغتان الرئيسيتان : لغة (LIST Processor) ويرمز لها (LISP) وهى أقدم لغة معالجة رمزية سائدة فى لغة الذكاء الاصطناعى فى الولايات المتحدة ، ولغة (Programming In Logic) ويرمزلها (PROLOG) والتى طورت فى أوربا ، وتتمتع باستخدام واسع فى اليابان التى اختارتها لمشروع الجيل الخامس للحاسبات اليابانية ، فى حين أن اللغة الطبيعية تتوسط بين النظام والمستفيد بلغة الكلام الاعتيادية وهذا ما يتم عليه التطوير الآن .

ج – الرؤية الآلية (Machine Vision)

تمثل الحس البصرى (Visual Sensing) بواسطة آلات التصوير التى تحس بمظهر وشكل الشىء . وهى تعمل بمثابة عيون للحاسبة . وهناك نظامان أساسيان للرؤية الآلية : الأول هوالنظام الخطى وهوالذى يتحسس بعداً واحداً فقط ، والثانى ، النظام المصفوفى وهو الذى يتحسس الشىء بثلاثة أبعاد (المجسم) ، والشكل رقم (١٣-١٥-أ) يظهر تطبيقًا للرؤية الآلية فى الإنتاج لتحديد الشكل والفحص ، ومن ثم الرفض للأجزاء التالفة . كما أن الشكل رقم (١٣-١٥-ب) يظهر النظام الخبير مطبقًا على الإنسان الآلى الموجه بالرؤية الآلية .

الشكل رقم (١٣-١٥) : استخدام الرؤية الآلية



ثلاثة عشر : مصنع المستقبل

إن مصنع المستقبل مصطلح يستخدم للإشارة إلى ما سيكون عليه المصنع فى المستقبل بالعلاقة مع التطور التكنولوجى ، ومصنع المستقبل يتسم بخصائص أساسية نحددها فى الآتى :

أ - إن مصنع المستقبل يتسم بتكامل جميع الوظائف فى المصنع ، سواء كانت وظيفة الإنتاج (التصنيع) أم الوظائف المساندة ، وفى هذا الجانب فإن مصنع المستقبل سيكون بمثابة التصنيع المتكامل للحاسبة بشكل كامل (Fully CIM) .

ب - إن مصنع المستقبل سيحقق مزايا الحجم ومزايا التنوع على حد سواء ، فمع استخدام التكنولوجيا الحديثة ستتوفر إمكانات جيدة للمرونة فى الإنتاج مع تقليص فترة الإنتاج . وهذا خلاف لمصانع اليوم التى هى إما مصانع الحجم

الكبير المتخصصة كليًا أو جزئيًا وذات المخرجات المحددة مسبقًا وبكميات كبيرة ، أو مصانع الحجم الصغير غير المتخصصة بمخرجات محددة مسبقًا ، وتتسم بالمرونة فى تحقيق نطاق واسع ومرن من المنتجات .

ج - إن مصنع المستقبل سيعتمد على أنظمة التصنيع الذكية والتى تشير إلى أنظمة الإنتاج المثلى فى المستقبل والتى تحقق المخزون الأدنى ، الجدولة المثلى ، استخدام كمية ومحتوى المواد الأدنى ، محتوى العمل الأدنى ، الوقت الأدنى بين خلايا الإنتاج أو التصنيع ، رقابة مركزية على المصنع كله وطلبيات أدنى غير منجزة .... إلخ .

د - إن مصنع المستقبل سيحقق التدخل الأدنى للبشر فى عمليات الإنتاج ؛ ولهذا فإنه يدعى عادة بالمصنع اللابشرى . ومع أن مصنع المستقبل سيقلص بشكل كبير كلفة العمل المباشر التى قد تمثل (٢٠-٥٠٪) من مجموع كلف الإنتاج في المصانع التقليدية إلى أقل من (١٪) فى مصانع المستقبل ، إلا أنه فى المقابل ستكون هناك زيادة فى كلف غير مباشرة ، فبينما الكلف غير المباشرة فى المصانع التقليدية تحمَل على ساعة العمل لقلة أهميتها ونسبتها الضئيلة ؛ فإن الحالة ستكون معكوسة فى مصانع المستقبل ؛ حيث كلفة العمل المحدودة ستحمل على الكلف غير المباشرة .

وبسبب طبيعة مصنع المستقبل يتوقع أن يكون التعويل على الآلات وأنظمة الرقابة وتجهيز السعة ذا أهمية استثنائية ، وأن العطلات فى آلات والحاسبات ستعالج بدون أو بأقل تدخل بشرى . ومن أجل استعداد الشركات لصنع المستقبل ؛ فإن استخدام أنظمة الإنتاج الحديثة القائمة على الأتمتة والحاسبات يمثل قاعدة إنتاجية وتكنولوجية للتطور اللاحق إلى مصنع المستقبل ؛ وإن الخطوة اللاحقة ستتمثل بعرض الشركات بعقود تسليم المفتاح لإنشاء المصنع المتكامل بالحاسبة كنماذج لمصانع المستقبل ؛ حيث إن كل الأجزاء متاحة اليوم والتحدى هو فى خلق السوق الخاصة بمصانع المستقبل .

أربعة عشر : أتمتة المكتب (Office Automation)

إن أتمتة المكتب (OA) هى العامل المشترك فى أنظمة الإنتاج والخدمة ؛ فالعمل الورقى فى إدارة الإنتاج كما فى الأعمال الخدمية يمثل مشكلة كبيرة . والواقع أن المكتب التقليدى يعانى من مشكلات أساسية منها : الإنتاجية المنخفضة ، الكلفة العالية (حيث تقدر شركة IBM أن كلفة الصفحة الواحدة لرسالة تطبع وتملىء وتصحح (٦) دولارات) ، سوء الحفظ للوثائق بسبب أعدادها الكبيرة ، ومشكلات الأفراد بسبب الرقابة والأعمال الروتينية التى تؤدى إلى الملل والأخطاء المتكررة . إن هذه المشكلات بقدر ماميّزت العمل الورقى فى المكتب التقليدى فإنها كانت سببًا مباشراً فى تطوير العمل المكتبى من خلال أتمتة المكتب .

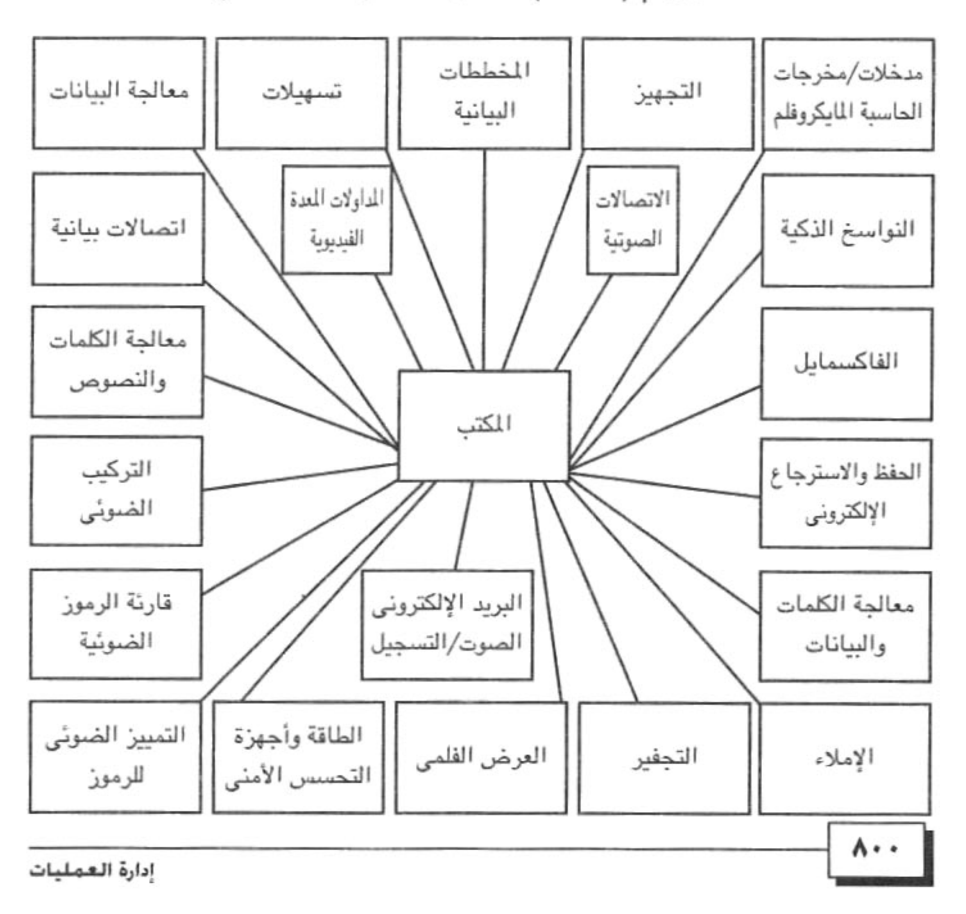
يمكن تعريف أتمتة المكتب بأنها أنظمة لأتمتة المهام الإدارية فى كلٍّ متكامل ، وهذه الأنظمة تتمثل فى الآتى :

- البريد الإلكترونى (Electronic Mail) .
- الاسترجاع الآلى للمعلومات (Information Retrieval) .
- معالجة الكلمات (Ward Processing) .
- المؤتمرات البعدية (Teleconferencing) .

إن كل جانب من جوانب المكتب وكل وظيفة من وظائفه المختلفة أصبحت مجالاً لتطبيقات أتمتة المكتب التى تبشر بإمكانات عظيمة فى خفض الكلفة وزيادة الإنتاجية . فعلى صعيد الكلفة فإن معدات المكتب الإلكترونية خفضت الكلفة بمعدل سنوى يصل إلى (٣٠٪) ، وهذا يعود إلى أن معظم النفقات المكتبية تنفق على قطاع من القوى العاملة لم يتأثر كثيراً بالآلات والمعدات والتكنولوجيا الحديثة ، وفى هذا القطاع تكمن الأهمية الحقيقة فى أتمتة المكتب (أو المكتب الإلكترونى) ، أما على صعيد الإنتاجية ، فإن آلات الفاكسميل يمكن أن ترسل رسالة عبر العالم فى (٣٥) ثانية ، كما أن المؤتمرات البعدية (عن بعد) تمكن من عقد الاجتماعات لأفراد فى مناطق جغرافية متباعدة ومختلفة فى نفس الوقت ؛ مما يساعد على تحسين إدارة الوقت بشكل كبير . والشكل رقم (١٣-١٦) يمثل تطبيقات الأتمتة والحاسبة فى المكتب ووظائفها المختلفة ؛ مما يكشف عن التطور الكبير الحاصل فى هذا المجال .

ومرة أخرى يظهر أن التكامل مسألة بالغة الأهمية ؛ حيث إن أتمتة المكتب تؤلف ضرورة مكملة لأتمتة الإنتاج ؛ فإذا كانت الأخيرة قد سبقت فى التطبيق من أجل تحرير العمل البدنى بإحلال الآلة محل الإنسان فى الإنتاج ؛ فإن أتمتة المكتب تعمل على إحلال الحاسبات والوسائل الحديثة محل الإنسان فى قسم كبير من الأعمال المكتبية الروتينية الأقل أهمية ، وبما يساعد الإنسان على ممارسة عمله الذهنى فى أنشطة أكثر أهمية كالتحليل وتقييم البدائل واتخاذ القرارات ، وأن المستقبل سيشهد تحقيق المكتب المتكامل بالحاسبة كنموذج لمكتب المستقبل .

الشكل رقم (١٣-١٦) : المكونات الفنية لأتمتة المكتب



١٣ - ٤ - الإدارة والتكنولوجيا الحديثة :

إن الإدخال المتزايد لأنظمة الإنتاج الحديثة وتطبيقات الحاسبة فى الإنتاج أدى إلى تطورات مهمة فى الرؤية التقليدية لمبادىء ونظم الإدارة . فمع تكنولوجيا المعلومات وأتمتة المكتب ؛ يصبح مدير الإنتاج/العمليات أكثر اقترابًا من القرارات الرشيدة القائمة على المعلومات الكاملة أو شبه الكاملة ، وأكثر ابتعاداً عن صنع القرارات على أساس التقدير الشخصى والخبرة الذاتية فقط . كما أن هذه النظم تقضى على أكثر المهام الإدارية الروتينية وبالتحديد التخطيط قصيرالمدى (والإنتاج يكون أقل عرضة للأزمات) مع تخصيص وقت أطول للتخطيط طويل الأمد . وكما يرى (ساندر D.H.Sander) فإن التكنولوجيا كلما كانت أكثر تعقيداً أدت إلى التطلع والاتجاه نحو المزيد منها ، وهذا ما سيجعل مديرى الإنتاج أكثر حاجة إلى معرفة فنية من الآن . ومن المتوقع أيضًا أن يكون هناك اهتمام أقل بالإنتاج نفسه مع اهتمام أكبر ووقت أطول يوجه إلى ما قبل الإنتاج (أى إلى البحث والتطوير) وما بعد الإنتاج كالتسويق .

١٣ - ٥ - الأتمتة والمنافسة :

إن الأتمتة وهى الشكل الأكثر تقدماً للتكنولوجيا الجديدة لا يمكن استخدامها فى كل الحالات التى توجد فيها عملية إنتاج يدوية أو عمليات إشراف ورقابة بشرية ، وإنما من الضرورى إخضاع هذا الاستخدام للتقييم والتأكد من الجدوى ومدى الملاءمة بين مستوى التكنولوجيا وحجم الطلب (الوحدات المنتجة) من جهة وبين نوع الأتمتة وقدرتها وخصائص السوق وأولوياته من جهة أخرى . ونعرض فيما يأتى لهذين الجانبين :

١ - **الملاءمة مع حجم الطلب** : إن هذه الملاءمة تخضع للاتجاه العام نحو المزيد من التخصص فى التشغيل لتحقيق مزايا الأتمتة فى حالة الإنتاج الواسع ، وأن الأتمتة المستخدمة فى الإنتاج الواسع (الحجم الكبير) رغم أنها ذات كلفة رأسمالية كبيرة إلا أن الإنتاج بحجم كبير يؤدى إلى انخفاض كلفة الوحدة الواحدة بشكل لا يقارن مع مستويات التكنولوجيا الأخرى . والمثال (١٣-١) يوضح ذلك .

مثال (١٣-١) :

يقوم أحد المصانع بتجديد خطه الإنتاجى ، وأمامه ثلاثة بدائل حسب المستوى التكنولوجى وقد توفرت البيانات الآتية عن البدائل الثلاثة :

البدائل	الكلف الثابتة	الكلف المتغيرة للوحدة
الأتمتة	٢٠٠٠٠٠ دينار	٤ دنانير
المكننة	١٠٠٠٠٠ دينار	١٤ ديناراً
اليدوى	٤٠٠٠٠ دينار	٢٤ ديناراً

المطلوب : أ - ما هو البديل الأفضل إذا كان حجم المخرجات المطلوب (١٥) ألف وحدة ؟

ب - ماهى مناطق أو حدود أمثلية كل بديل من البدائل الثلاثة ؟

ج - ما هو البديل الأمثل إذا كان حجم المخرجات المطلوب (٥) آلاف وحدة بدلاً من (١٥) ألف وحدة ؟

الحل : أ - نحسب الكلفة الكلية للبدائل الثلاثة عند حجم المخرجات المطلوبة (١٥) ألف وحدة :

بديل الأتمتة = ٢٠٠٠٠٠ + (١٥٠٠٠ X ٤) = ٢٦٠٠٠٠ دينار .

بديل المكننة = ١٠٠٠٠٠ + (١٥٠٠٠ X ١٤) = ٣١٠٠٠٠ دينار .

البديل اليدوى = ٤٠٠٠٠ + (١٥٠٠٠ X ٢٤) = ٤٠٠٠٠٠ دينار .

إذن عندما يكون حجم المخرجات المطلوبة (١٥٠٠٠) وحدة ؛ فإن البديل الأمثل هو الأتمتة ؛ لأنه ذو كلفة أدنى .

ب - احتساب مناطق الأمثلية :

من الضرورى رسم الكلفة الكلية لكل من البدائل الثلاثة على شكل بيانى واحد ؛ وذلك لتحديد نقطتين للكلف الكلية لكل بديل ، النقطة

الأولى عند حجم المخرجات صفر (الكلفة الكلية = الكلفة الثابتة) ، والنقطة الثانية عند حجم المخرجات المطلوب (١٥٠٠٠) وحدة (أو أى رقم آخر يكون قريبًا منه) . ونلاحظ من الشكل البيانى الآتى وبعد إيصال نقطتى الكلف الكلية لكل بديل بخط مستقيم أن هناك نقاط تقاطع تتساوى عندها الكلف الكلية وحجم المخرجات للبديلين المتقاطعين . والآن لنأخذ معادلة تساوى الكلفتين عند نقطة تقاطع البديل اليدوى مع بديل المكننة وعند حجم المخرجات س١ :

$$١٠٠٠٠٠ + ١٤ \text{ س}_١ = ٤٠٠٠٠ + ٢٤ \text{ س}_١$$

$$\text{س}_١ = \frac{٦٠٠٠٠}{١٠} = ٦٠٠٠ \text{ وحدة .}$$

ونأخذ مرة أخرى معادلة تساوى الكلفتين عند تقاطع بديل المكننة مع بديل الأتمتة عند حجم المخرجات س٢

$$٢٠٠٠٠٠ + ٤ \text{ س}_٢ = ١٠٠٠٠٠ + ١٤ \text{ س}_٢$$

$$\text{س}_٢ = \frac{١٠٠٠٠٠}{١٠} = ١٠٠٠٠ \text{ وحدة .}$$

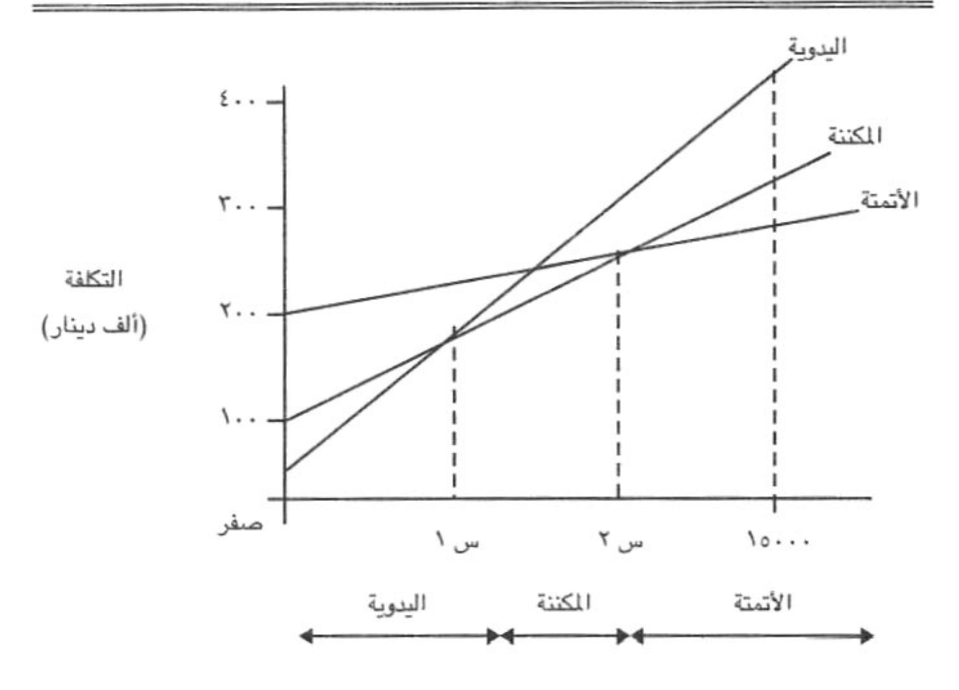
إذن مناطق الأمثلية للبدائل الثلاثة كالآتى :

البديل اليدوى هو الأفضل عند حجم المخرجات صفر إلى ٦٠٠٠ وحدة .

بديل المكننة هو الأفضل عند حجم المخرجات ٦٠٠٠ وحدة إلى ١٠٠٠٠ وحدة .

بديل الأتمتة هو الأفضل عند حجم المخرجات ١٠٠٠٠ وحدة إلى (∞) .

ج - إن البديل الأفضل عند حجم المخرجات ٥٠٠٠ وحدة هو البديل اليدوى الذى هو الأفضل عند مدى المخرجات صفر إلى ٦٠٠٠ وحدة .



٢ - **الملاءمة مع خصائص السوق** : إن الاتجاه العام منذ الثورة الصناعية كان يميل نحو المزيد من التخصص فى الإنتاج لتحقيق مزايا الآلية والأتمتة من خلال اقتصاديات الحجم ، والطريقة النمطية والفعالة لتوظيف الأتمتة كانت باستخدام الأتمتة الصلبة كما هو الحال فى خط النقل الحزام الناقل ذى المسار الثابت مع معدات ذات غرض واحد الموزعة على جوانب خط النقل أو الحزام الناقل الذى تتحرك عليه الأجزاء إلى مراكز العمل أو الآلات التى تعمل بدقة للإنتاج بمعدل عالٍ ومتماثل وسريع . إلا أن هذا التماثل أصبح مصدراً للصعوبات الكثيرة فى السوق التى أصبحت أكثر تقرباً إلى الزبائن وحاجاتهم المتنوعة . وإزاء هذا أصبحت أنظمة التصنيع المرنة (FMS) ذات أهمية كبيرة لقدرتها على تحقيق المرونة والاستجابة السريعة للتغيرات فى السوق ، وأن الشركات المتوسطة هى المجال الملائم لتطبيقاتها ؛ لأنها تنتج بكميات متوسطة مع تنوع فى المنتجات تحققه بكفاءة هذه الأنظمة . ولكن تظل أنظمة التصنيع المرنة (FMS) أقل استجابة

للطلبيات الصغيرة الأكثر تنوعاً وإنتاج الوحدة الواحدة بالمقارنة مع ما تحققه أنظمة الإنتاج المتكامل بالحاسبة (CIM) .

إن القدرة على الاستجابة السريعة لحاجات الزبائن تمثل مؤشراً مهماً على كسب الزبائن وطلبياتهم ، وهذه الاستجابة لا تتحدد فقط بالقدرة على تغيير التصاميم (كالذى يحققه التصميم بمساعدة الحاسبة (CAD) أو تنوع المنتجات كالذى تحققه أنظمة التصنيع المرن (FMS) ، بل وأيضاً الإنتاجية العالية مع تنوع وتقليص فترة انتظار التصنيع ؛ لهذا كله فإن الخيار التكنولوجى يمثل واحداً من المفاتيح والقرارات الإستراتيجية الأكثر تأثيراً فى الشركات الصناعية ومركزها التنافسى ؛ ولهذا لابد لهذه الشركات من إستراتيجية واضحة فى مجال البحث والتطوير والإدخال المنظم للتكنولوجيا الحديثة وتطبيقاتها الملائمة مع فهم عميق لاتجاهات التطور فى هذه التطبيقات . إن مصنع المستقبل كنموذج لأتمتة الإنتاج أو التصنيع المتكامل بالحاسبة لابد أن يحظى فى هذا الخيار بأهمية خاصة استعداداً لما يأتى من تطور كبير فى المستقبل المنظور . وكما أشرنا فإن هذا المصنع سيحقق ومن خلال قاعدة البيانات المشتركة إمكانية النظر إلى قدرات المصنع الآلية بوظائفه المختلفة : الإنتاج ، المالية ، التسويق ، التكنولوجيا ، والبحث والتطوير ... إلخ كوحدة متكاملة واحدة وتقييمها بمعايير مشتركة موحدة الأداء على مستوى إستراتيجية الأعمال ؛ وهذا ما سيجعل مثل هذه المصانع (بل وحتى المصانع المتقدمة اليوم) ليست أكثر تطوراً فى أنظمة وأتمتة الإنتاج وحسب ، بل هى أكثر تطوراً بالقدرات الإدارية ذات الخلفية الشاملة فى مجالات ووظائف الشركة الأساسية .

ومن الاتجاهات المهمة التى لابد من التأكيد عليها فى هذا السياق هو ضرورة الربط العضوى بين إستراتيجيات دفع التكنولوجيا وإستراتيجية شد السوق ، فإذا كانت الأولى ذات تركيز داخلى تخضع الإنتاج والتسويق والزبائن لما يحققه البحث والتطوير ؛ فإن الثانية تقود إلى ما يدعى بعقلية خط الزبون والتى من إيجابياتها الاهتمام بالزبائن كحاجات وتطلعات فى علاقة طويلة الأمد ؛ مما يوفر لها ميزة تنافسية للشركة فى السوق . ولاشك فى أن التكنولوجيا الحديثة (وهذا ما سيبرز بوضوح أكبر فى مصنع المستقبل) وفرت إمكانية عظيمة لتحقيق ذلك ، وخير مثال نورده هو الشركة الصناعية

الوطنية للدراجات الهوائية فى اليابان والتى تنتج حسب الطلب حيث تقوم بتقديم أكثر من (١١) مليون نموذج من الدراجات حسب حاجات ورغبات الزبائن وبسعر يزيد فقط (١٠٪) عن النماذج التجارية جاهزة الصنع . ومع أن التكنولوجياالحديثة ذات تأثير كبير على الكلف والمرونة فى التصميم والإنتاج والاستجابة السريعة للتغيرات فى السوق ؛ مما يجعل الشركات فى ميل متزايد لتبنى التكنولوجيا الأحدث باستمرار من قبل الشركات عمومًا ، إلا أن هذا ينبغى أن يتم فى إطار من الرؤية الإستراتيجية للتكنولوجيا خاصة وأن التطورات السريعة فى هذا المجال تهدد مزايا استخدامها. وأخيراً فإن الجدول رقم (١٣-١٧) يقدم مقارنة بين أنظمة وتطبيقات التكنولوجيا وقدراتها وفرصها التنافسية فى الإنتاج والسوق .

الجدول رقم (١٣-١٧) : الفرص التنافسية لأنظمة التكنولوجيا الحديثة

التكنولوجيا	القـدرة	الفرص التنافسية
* CAD/CAM, CAD	* خفض وقت انتظار التصميم والإنتاج .	* خفض وقت الانتظار للمنتوج الجديد . * استجابة أسرع لطلبات الزبون .
* MRP, FMS, CAM الإنسان الآلى	* خفض وقت انتظار الإنتاج .	* حصة سريعة من الطلبية . * خفض وقت انتظار تجهيز الطلبية . * تعديلات أسرع على المنتوج .
* MRP, FMS, CAM	* خفض العمل فى التشغيل (WIP) . * إنتاجية أعلى .	* تخفيض الكلف .
* جميع الأنظمة .	* تقليص الأخطاء . * جودة أعلى . * توافق واتساق .	* منتجات بجودة أعلى . * تخفيض الكلف .
* CAD/CAM, CAD	* تحليل هندسى أفضل * تصميم أفضل .	* منتجات أفضل . * استجابة أسرع لحاجات الزبون وتغيرات السوق .
* جميع الأنظمة .	* قاعدة بيانات مشتركة . * تقليص تغير الأجراء . * اقتصاديات النطاق .	* تغير أكبر عند نفس الكلفة . * بعض التغير بكلفة أقل .

الأسئلة :

١ - وضح مايأتى :

أ - إن التكنولوجيا هى العامل الأكثر أهمية فى زيادة الإنتاجية .

ب - فى التطور التكنولوجى تم إحلال الآلة محل الإنسان فى الأنشطة الإنتاجية ، ومن ثم أخذت تحل الآلة محل الإنسان فى الأنشطة الإشرافية والرقابة .

ج - إن التطور الحالى يتجه نحو نمط جديد من المصانع يدعى مصنع المستقبل .

٢ - ماهى تطبيقات التكنولوجيا الحديثة فى الإنتاج ، وما علاقتها بحجم الإنتاج وتنوع المنتجات ؟

٣ - قارن فى الإنتاج بين :

أ - الإنسان والآلة .

ب - الأتمتة الصلبة والناعمة .

ج - مصانع اليوم ومصانع المستقبل .

٤ - ماهى المزايا المتوقعة من استخدام مايأتى :

أ - التصميم بمساندة الحاسبة (CAD) .

ب - التصنيع بمساندة الحاسبة (CAM) .

ج - التصنيع المتكامل بالحاسبة (CIM) .

د - تخطيط التشغيل بمساعدة الحاسبة (CAPP) .

هـ - الإنسان الآلى .

٥ - هناك محددات عديدة على استخدام تكنولوجيا الإنسان الآلى ، ناقش هذه المحددات .

٦ - ماهى مجالات الذكاء الصناعى واستخداماتها فى الإنتاج ؟

٧ - ماهى خصائص مصنع المستقبل ، ماهى المشكلات التى تعالجها هذ الخصائص ؟

٨ - ماهى تطبيقات أتمتة المكتب الحديث ؟ وماهى المشكلات التى تعالجها هذه التطبيقات ؟

٩ - كيف يتم توظيف التكنولوجيا فى المنافسة بالعلاقة مع :

أ - ملاءمة التكنولوجيا مع حجم الطلب ؟

ب - ملاءمة التكنولوجيا مع خصائص السوق ؟

ج - إيجاد الميزة التنافسية ؟

١٠ - ماهى الاتجاهات السائدة فى تطوير تكنولوجيا الإنتاج فى الشركات الحديثة ؟

المراجع :

أولا : المراجع العربية

(١) د. عبد العزيز فهمي و ج. مدبك "التطوير الإلكتروني للمكاتب" دار الراتب الجامعية . بيروت ، ١٩٨٥م .

(٢) د. علي يوسف حجازي "مقدمة في علم الرابوط" الدار العربية للعلوم . بيروت ، ١٩٨٨م .

ثانيا : المراجع الأجنبية

(3) R. Bawson, The Robot Book, Frances Lincolin Ltd. London,1985.

(4) D. J. Bowman and A. C. Bowman, Understanding CAD/CAM, Howard W. Sams and co. USA.1986 .

(5) J. Brown, et al., Production Management Systems, Addison-Wesley Publishing co. UK. 1988 .

(5) E. S. Buffa and R. K. Sarin, Modern Production/Operation Management, John Willy and Sons, New York, 1987.

(7) J. B. Dilworth, Production and Operations Management, McGrow-Hill Book Co. NewYork,1989.

(8) W. J. Ehner, Factory of the Future : A Maufacturing Viewpiont, in D. W. Mcleavey and S. L. Narasimhan, Production Planning and Inventory Control, Allyn and Bacon, Inc., Boston. 1985.

(9) E. A. Elsayed, Automated Storage System, in R.Wild (Ed), International Handbook of Production and Operations Management, Cassell Educational Ltd. London, 1989.

(10) J. R. Evans, Production/Operations Management, West Publishing Co. Minneapolis, Saint Paul. 1997 .

(11) B. Gold, CAM Set New Rules For Production, Harvard Business Review, Nov-Dec 1982. pp 88-94.

(12) M. P. Groover, Automation, Production System and Computer Integrated Manufacturing, Printice-Hall International Inc, Englewood Cliffs. NewJersey. 1982.

(13) T. G. Gunn, Computer Application in Manufacturing, Industrial Press Inc., NewYork .1981.

(14) Y. P. Gupta, Advanced Manufacturing System Analysis of Trands, Management Decision, MCB. University Press. Vol27. No5. 1989.

(15) J. Hartly, Robots at Work, IFS Publishions Ltd. Uk. 1983.

(16) J. Hiezer and B. Render, Production and Operations Management, Allen and bacon, Inc. Boston. 1989.

(17) ILO, Safety in the Use of Industrial Robot, Geneva. 1989.

(18) ILO, Technological Change,Geneva. 1985.

(19) A. Jones and T. webb, Introduction to Computer Intregted Manufacturing, Journal of General Management, Vol 12. No4. Summer 1987.

(20) S. Kalpakjian, Manufacturing Engineering Technology, Addison-Weslly Publishing co. Reading Massachusette. 1989.

(21) L. J. Krajewski and L. P. Ritzman, Operations Management, Addison-Wesley Publishing Co. Reading Massachusette. 1996.

(22) D. W. Kroeber and H. J. Watson, Computer-Based Information System, Macmillan Publishing Co. New York. 1990.

(23) S. Kumara and A. L. Lehinet, Artificial Intelligence and Expert Systems, in R. Wild (Ed) op. cit .

(24) R. Mckenna, Marketing is Everything, HBR. Jan-Feb. 1991.

(25) D. H. Sander, Computer Today, McGraw-Hill Book Co. New York. 1985.

(26) R. G. Schroeder, Operations Management, McGraw-Hill Book Co. NewYork 1989.

(27) B. R. Scott, Competitiveness : Self-help For a Worsening Problem, HBR. July-August. 1989.

(28) N. Slack et al., Operations Management , Pitman Publishing , London, 1998.

(29) W. J. Stevenson, Production/Operations Management, Richard D. Irwin, Chicago, 1996.

(30) D. J. Sumanth, Productivity Engineering and Management, McGraw-Hill Book Co. N. Y. 1985.

الفصل الرابع عشر : الجودة

١٤ – ١ – المدخل .
١٤ – ٢ – النظرة الإستراتيجية للجودة .
١٤ – ٣ – مفهوم الجودة .
١٤ – ٤ – كلف الجودة .
١٤ – ٥ – أدوات تحسين الجودة .
١٤ – ٦ – الأيزو ٩٠٠٠ .
١٤ – ٧ – مساهمات في مجال الجودة .
١٤ – ٨ – الفحص .
١٤ – ٩ – معاينة القبول .
١٤ –١٠– منحنى خصائص التشغيل .
١٤ –١١– إعداد منحنى خصائص التشغيل .
١٤ –١٢– الرقابة على العملية .
١٤ –١٣– مخططات الرقابة .
١٤ –١٤– مخططات الرقابة على المتغيرات :
أولاً : مخطط الرقابة للمتوسطات .
ثانياً : مخطط الرقابة للمدى .
ثالثًا : استخدام مخططات المتوسط والمدى .
١٤ –١٥– مخططات الرقابة على الخصائص التمييزية :
أولاً : مخطط نسبة الوحدات التالفة .
ثانياً : مخطط عدد التوالف .
١٤ –١٦– استخدام الحاسبة في مجال الجودة .
١٤ –١٧– الجودة في مجال الخدمات .
الأسئلة .
التمارين .
المراجع .



١٤-١- المدخل :

لقد كانت مفاهيم الكفاءة والإنتاجية أسبق بالاهتمام من الجودة تاريخيًا ، وأن التقدم الذى حصل فى الماضى كان أكبر بكثير على مستوى حجم الإنتاج بالمقارنة مع التقدم الذى حصل فى مجال الجودة ، ولعل هذه الحقيقة هى التى دفعت (جوران J.M. Joran) خبير أساليب الجودة المعروف فى دراسة حديثة نشرها فى مجلة هارفرد للأعمال عام ١٩٩٣م إلى القول بأن القرن العشرين هو قرن الإنتاجية ، وأن القرن الحادى والعشرين سيكون قرن الجودة .

ومع أن الجودة كانت تعتبر العمل الأول فى الشركات الحديثة إلا أنها ظلت عمليًا تتطور بمعدل أو بدرجة أدنى من تطور الإنتاجية ، ويمكن تفسير ذلك من خلال أن برامج وإجراءات تحسين الإنتاجية كانت أسرع فى تحقيق النتائج ، وأقل إخفاقًا من برامج وإجراءات تحسين الجودة ، إضافة إلى أن الجودة ومشكلاتها كانت تعالج فى إطار الخطط التشغيلية من قبل الإدارة الوسطى والدنيا ، وليس فى إطار إستراتيجى من قبل الإدارة العليا ، إلا أن الفترة الماضية شهدت تحولاً جذريًا فى الاهتمام بالجودة وخاصة منذ بداية الثمانينيات فى الشركات الأمريكية والأوربية تحت تأثير عوامل عديدة منها :

أولاً : المنافسة الشاملة القائمة على الجودة : هذه المنافسة هى نتاج التحول الأساسى فى الأولويات الاقتصادية فى العالم حيث أخذت أولوية الاهتمام بالجودة تخطى أولوية الاهتمام بالإنتاجية . وأخذ التفكير خط الزبون يحل محل تفكير خط الإنتاج .

ثانيًا : النجاح اليابانى الذى تحقق فى هذه المنافسة والذى كان أحد مرتكزاته الأساسية يتمثل بالجودة ؛ مما وجه الأنظار بشكل جدى نحو الجودة ، وكذلك نحو مفاهيم وأساليب الجودة فى التجربة اليابانية والتى سنعرض لها فى ملحق هذا الفصل .

ثالثًا : النظرة الجديدة إلى أهداف الجودة وأهداف تحسين الجودة فى إطار إستراتيجى ، وليس كما كان سابقًا من خلال الخطط التشغيلية ، ولتكون هذه الأهداف جزءًا أساسيًا من خطة العمل التى تعكس الاتجاهات الإستراتيجية

الكلية للشركة التى هى من مسؤولية الإدارة العليا وليس من مسؤولية الإدارة المتوسطة والدنيا .

١٤-٢- النظرة الإستراتيجية للجودة :

إن تحرك الشركات الصناعية الحديثة نحو مفهوم الجودة على مستوى العالم وظهور أشكال المنافسة الشاملة القائمة على المنافسة ، أدى إلى أن تعتمد بعض الشركات مثل (بوينغ Boeing) و (كاتربيلار Cater Piller) وهيولت بكارد (Hewlett Backard) و (IBM) على الجودة كإستراتيجية كلية ، وهذا إلى جانب أن اليابانيين استطاعوا أن يحققوا قدرة كبيرة فى معالجة الجودة فى إطار إستراتيجى ، مقدمين فى ذلك معالجة جديدة ومصادر جديدة فى تحقيق الميزة التنافسية بالاعتماد على الجودة .

ولقد قدَم (شرويدر R.G. Schroeder) تصوراً إستراتيجياً وتشغيلياً للجودة وضح فيه أن الجودة هى أحد القرارات الإستراتيجية بالعلاقة مع المعايير القياسية للجودة وتنظيم الجودة ، فى حين أنها تمثل أحد القرارت التشغيلية بالعلاقة مع مقدار الفحص والسيطرة على الجودة للإيفاء بمواصفات الجودة . الواقع أن هذا التصور يجسد أحد الاتجاهات الجديدة فى إدارة العمليات التى تعتبر الجودة الأساسية الأخرى : كفاءة الكلفة ، الاعتمادية ، والمرونة . إزاء هذا التطور فى المنظور الإستراتيجى للجودة أصبح ضرورياً إعادة النظر فى معالجة قضايا الجودة وتنظيمها وذلك بتأكيد (J.M. Juran) على إدارة الجودة الشاملة التى من مهامها القيام بإجراء التغييرات الضرورية للوصول بالشركة إلى الجودة على مستوى العالم ، وأهم هذه التغيرات :

أولاً : إنشاء مجلس الجودة بالشركة والعمل من خلاله والذى يعبر عن الالتزام العالى للشركة بالجودة إستراتيجياً وتنظيمياً ومالياً ... إلخ .

ثانياً : وضع أهداف الجودة فى الشركة والتى تشتمل على أهداف تحسين الجودة واعتبارها جزءاً من خطة الأعمال فى الشركة ، وبما يضمن وجود منظور إستراتيجى للشركة فى مجال الجودة .

ثالثاً : اعتماد الوسائل والأدوات التى تساعد على قياس نتائج النوعية فى ضوء أهداف الجودة .

رابعـــاً : القيام بالمراجعة الدورية للنتائج وتقييمها وفق أهداف الجودة .

خامساً : تمييز الأداء المتفوق فى مجال الجودة ومكافأته ، وضمن ذلك جعل الجودة منظورة فى الشركة .

سادساً : التأكيد على تحقيق الاستجابة السريعة للتغيرات فى السوق ، بما يطور الجودة حسب حاجات الزبون ورغباته .

١٤-٣- مفهوم الجودة :

لقد اهتم الإنسان منذ القدم بالجودة ، وكان هذا الاهتمام يأخذ أشكالاً بدائية وعفوية غير منظمة ؛ فالإنسان البدائى اهتم بجودة الطعام هل هو صالح للأكل أم لا ، وجودة المواد التى يستخدمها كملابس هل هى تقيه غوائل الطبيعة أم لا . كما اهتم بجودة أدوات الصيد وجودة أسلحته الخشبية هل هى قوية أم لا ، ومع التجربة كان يميل إلى استخدام ما يراه ملائماً لحاجاته واستبعاد ما لا يلائم حاجاته فى حين كانت الطبيعة هى المصنع الكبير الذى يجهزه بالطعام والمتطلبات البسيطة المختلفة .

ومع الخطوات الأولى نحو الإنتاج وزراعة الأرض وتدجين الحيوان كان الاهتمام بالجودة يأخذ شكل الاختيار لتدجين بعض الحيوانات وزراعة بعض المحاصيل دون أخرى . ومع ظهور المدن ظهرت الأسواق ذات الأحجام الكبيرة نسبياً والتى استخدمت بعض المواصفات للسلع ، وتطورت الحرف والأسواق المتخصصة (مثل سوق الحدادين ، الوراقين ، والنساخين فى العصر الإسلامى ، وكان الاهتمام بالجودة جزءاً من المحافظة على سمعة المهنة والحرفة .

ومع الثورة الصناعية ظهرت النقابات المهنية حيث احتكرت كل نقابة مهنة معينة وقواعد العمل فيها ، كما تحدد جودة المواد والمنتجات وكان ذلك جزءاً من محافظة النقابة على أسرار وسمعة المهنة . وإلى جانب ذلك كان لظهور نظام المصنع وتزايد حجم الإنتاج : ما يؤكد الحاجة إلى الاهتمام بالجودة ؛ لأن كلفة التلف بأشكاله المختلفة كانت عالية ، وقد استمر التطور فى مجال الجودة فى مجالين أساسيين : الأساليب والمفاهيم . على صعيد الأساليب كان التطور يتجه نحو المزيد من كفاءة عملية الرقابة على الجودة ، وقد تمكن (والتر شويهارت W.A. Shewhart) فى عام ١٩٢٤م

من تطبيق مخططات السيطرة الإحصائية على المنتجات الصناعية ، وقد تتوج هذا التطور فى وضع (دوج وروميج Dodge and Romig) جداول الفحص بالمعاينة التى تمثل وسيلة قياسية فعالة فى معاينة القبول ، أما على صعيد المفاهيم ، فإن هذا التطور نجده فيما يأتى :

أولاً : مفهوم الجودة : لقد قدمت تعريفات كثيرة للنوعية منها :

- أن الجودة هى إشباع حاجة ما على نحو ملائم .
- هى درجة القدرة على تحقيق رضا المستهلك .
- هى تحقيق كلفة مناسبة لمواصفات المنتوج .

والتعريفات كثيرة إلا أن هناك تعريفين نالا اعترافاً واسعاً وعبّرا عن نظرتين سائدتين فى التعامل مع مفهوم الجودة ، الأول قدمه (فيليب كروسبى P.B. Crosby) ، حيث عرف الجودة بأنها "المطابقة للمواصفات" ، والثانى قدمه (جوران J.M. Joran) وعرفها بأنها "الملاءمة للاستعمال" . الواقع أن المطابقة للمواصفات هو الأكثر تمثيلاً للمدخل الإنتاجى الذى يخضع الجودة لمتطلبات التصميم والعملية الإنتاجية ، فى حين أن الملاءمة للاستعمال هو أكثر تمثيلاً للمدخل التسويقى ، وبالتالى أكثر اقتراباً من الزبون ، حيث الزبون هو المستفيد من الجودة والحكم الأخير عليها .

ثانيًا : النظرة إلى التلف : حيث إن التلف هو عدم الجودة أو الجودة الرديئة ، وبعد أن كان التلف فى المدخل التقليدى جزءاً من الجودة من خلال مفهوم مستوى الجودة المقبول الذى يعبر عنه عادة بالنسبة المئوية للوحدة الصالحة مثلاً (٠,٩٨) أو نسبة مئوية للتلف (٠,٠٢) ، وبالتالى فإنه يعنى بشكل ضمنى أن هناك نسبة مقبولة من التلف ، إلا أن الاتجاهات الحديثة فى مجال الجودة تميل أكثر فأكثر إلى الجودة بدون التلف وفق مفهوم التلف الصفرى ، ولقد أشار آدم و إيبرت (Adam and Ebert) إلى أن أغلب الشركات الأمريكية تقيس الجودة بالأجزاء التالفة (مثلاً ٢٪) ، وفى المقابل نجد أن الشركات اليابانية تقيس الأجزاء التالفة بالمليون مثلاً (١٠) لكل مليون ، أى تلف واحد فى كل مائة ألف وحدة (٠,٠٠١٪) وبما يقربها من التلف الصفرى .

ثالثًا : الخسارة الكلية جراء الجودة الرديئة : حيث إن النوعية الرديئة هى أولاً إهدار فى موارد المجتمع المخصصة للإنتاج ، ولأن هناك أعداداً غفيرة من الزبائن تستخدم المنتوج ذا الجودة الرديئة ؛ فإن هناك خسارة كلية كبيرة يتحملها المجتمع ، وهذا ما تمثله دالة خسارة الجودة فى مدخل تاغوتشى للجودة .

١٤-٤- كلف الجودة :

إن كلف الجودة (Quality Cost) تشير إلى تلك الكلف المترافقة مع عمليات الجودة التى تسبق الإنتاج (كلف الوقاية) ، وأثناء الإنتاج (كلف التقييم) ، وما بعد الإنتاج (كلف الإخفاق الداخلى والخارجى) ونعرض فيما يأتى لهذه الكلف :

أولاً : كلف الوقاية (Prevention Costs) : هى الكلف المتعلقة بمنع الانحرافات فى الجودة قبل حصولها وتشمل : كلف إدارة الجودة وتخطيط النظم ، تدريب الجودة ، تخطيط الجودة (العمل الهندسى للرقابة على الجودة ، فحص المدخلات ، وفى التشغيل والمخرجات ، تحليل بيانات الجودة ، تخطيط المشتريات ، مسوح الموردين ، ودراسات المعولية) ، معدات القياس والرقابة على الجودة ، وعدّ وإحصاء المواد .

ثانيًا : كلف التقييم (Appraisal Costs) : هى الكلف المترافقة مع تدقيق الجودة المتحققة ومدى مطابقتها للمواصفات وتشمل : كلف الاختبار ، الفحص ، دراسات الجودة ، اختبار وفحص المدخلات والقبول المختبرى ، تدقيق العمل ، خدمات القياس المختبرى ، تهيئة الاختبار والفحص ، الاختبار والفحص للمواد ، المصادقة الخارجية ، الصيانة ، مراجعة هندسة الإنتاج ، الاختبار الميدانى .

ثالثًا : كلف الإخفاق الداخلى (Internal Failure Costs) : هى الكلف التى تترافق مع إنتاج الجودة الرديئة واكتشافها قبل وصولها إلى الزبون وتشمل : كلف الخردة ، إعادة العمل ، شراء المواد ، هندسة المصنع ، التحقق من الإخفاقات ، نشاط تدفق المواد ، والتصليح ومعالجة الأسباب .

رابعًا : كلف الإخفاق الخارجى (External Failure Costs) : هى الكلف التى ترافق مع وصول المنتوج ذى الجودة الرديئة إلى الزبون وتشمل : كلف الشكاوى

وفقدان السمعة لدى الزبون ، كلف الضمانة ، الميدانية وخدمة الزبون ، معالجة وصيانة المواد المعادة ، ومخزون الاستبدال ، والعلاقات المتوترة مع الموزعين .

إن كلف الوقاية هي التي يجب أن تحظى بالاهتمام والتطوير ؛ لأنها تحقق أفضل النتائج فيما يتعلق بالجودة الجيدة ، وكذلك في خفض بقية أنواع كلف الجودة ، وخاصة كلف الإخفاق الداخلي والخارجي ، ويمكن التأكيد في هذا المجال على أن المدخل التقليدي كان يركز على كلفة الخردة وإعادة العمل بوصفهما أهم بندين في كلفة الجودة ، إلا أن المدخل الحديث في الجودة يركز على كلف الإخفاق الخارجي ؛ لأن الجودة الرديئة تخرج من المصنع إلى الزبون حيث تكون الخسارة في هذه الحالة خسارة طويلة الأمد في فقدان المبيعات وتراجع الحصة السوقية . كما أن مدخل تاغوتشي يقدم أسلوباً جديداً لحساب الخسارة المجتمعية جراء الجودة الرديئة (انظر ملحق هذا الفصل حول التجربة اليابانية في مجال الجودة) .

ولكن ماهي مصادر الإخفاق التي تؤدي إلى تحميل كلف الجودة الناجمة عنه ؟ والإجابة نجدها في دارسة أجريت حول كلف الجودة في عملية الاستنساخ ؛ حيث ظهر أن العامل كان هو المصدر الأساسي لكلف الجودة ، وهو يتحمل (٥٠٪) من هذه الكلفة وبقية العوامل مجتمعة تمثل (٥٠٪) منها والجدول رقم (١٤-١) يوضح ذلك .

الجدول رقم (١٤-١) : كلف الجودة في عملية الاستنساخ

فئة الخسارة	خسارة الجودة السنوية (دولار)	تكرار الخسارة (٪)	التكرار المتراكم للخسارة (٪)
خطأ العامل	٥٠٠	٥٠,٠	٥٠,٠
المسار أو الزجاج الوسخ أو الملطخ	٢٢٥	٢٢,٥	٧٢,٥
نقص مستوى الحبر	١٢٥	١٢,٥	٨٥,٠
سوء التغذية	٧٥	٧,٥	٩٢,٥
المصادر الأخرى	٧٥	٧,٥	١٠٠,٠

١٤-٥- أدوات تحسين الجودة :

تعتبر برامج تحسين الجودة من المهام الأساسية لإدارة الجودة ، خاصة أن الجودة ذات تأثير سيئ على السمعة الطيبة للشركات وقدرتها على المنافسة ، ويمكن أن نحدد الأسباب التى تؤدى إلى اهتمام الشركات ببرامج تحسين الجودة كالآتى :

أ - السمعة : إن السمعة الجيدة والشعور الودى للزبون حيال الشركة هو انعكاس مباشر لجودة منتجاتها ، بينما تكون السمعة الضائعة نتيجة مباشرة للجودة الرديئة ؛ لهذا فإن حماية الشركة لسمعتها يتطلب التحسين المستمر لجودة منتجاتها بما يحقق أفضل إشباع لحاجات الزبون .

ب- المساءلة القانونية : إن تحمل المالكين أو الإدارة للمسؤولية القانونية عن أية أضرار وخسائر مادية أو بشرية تنجم جراء الجودة الرديئة للمنتجات ؛ يجعلهم يجدون فى البحث عن كل ما يؤدى إلى حمايتهم من المساءلة القانونية ، خاصة أن بعض التشريعات أخذت تحظر استخدام بعض المواد الكيماوية أو المضرة صحيًا أو بيئيًا فى المنتجات ؛ مما يفرض على الشركات البحث عن مواد بديلة تساعد على تحسين جودة منتجاتها .

ج- الكلفة : إن كلفة الجودة الرديئة عالية جدًا ، سواء فى معالجة الإخفاق الداخلى (الخردة وإعادة العمل) والخارجى (برامج تحسن السمعة المتضررة واستبدال المنتجات التالفة وغيرها) : مما يجعل من برامج تحسين الجودة ذات نتائج اقتصادية إيجابية فى خفض كلف الإخفاق بالجودة .

د- الإنتاجية : إن معدات ذات جودة أدنى أو مواد أو عمل أو منتجات ذات جودة أدنى ، تعنى إنتاجية أدنى ، وبالمقابل فإن معدات أو مواد أو عمل أو منتجات ذات جودة أعلى تعنى إنتاجية أعلى ، ولأن كفاءة الشركة تحدد بإنتاجيتها : لهذا فإن برامج تحسين الجودة تكون ضرورية لزيادة إنتاج الشركة .

إن هذه الأسباب جعلت البحث عن أدوات تحسين الجودة مسألة ضرورية بالنظر لأهمية هذه الأدوات فى نجاح هذه البرامج ، وقبل أن نعرض لأهمية ذلك نشير إلى أن لدى الشركات مداخل عديدة لتحسين الجودة ؛ فبعض الشركات يجد أن تحسين

الجودة من مسؤولية المجموعات الفنية المتخصصة فى حين أن البعض الآخر يرى أن تحسين الجودة هى مسؤولية جميع العاملين . كما أن بعض الشركات تجعل تحسين الجودة استجابة لدور التكنولوجيا المتزايد فى العمليات ، والبعض الآخر يرى أن تحسين الجودة هو استجابة لحاجة إنسانية لحل المشكلات . وبغض النظر عن هذه المداخل فهناك أدوات عديدة يمكن استخدامها فى تحسين الجودة مثل : عصف العقول ، قوائم المراجعة ، تحليل باريتو ، مخطط السبب والنتيجة ، طريقة إخفاق – وثوق ..... .

أولاً : عصف العقول (Brainstorming)

هذه الأداة تقوم على أساس أن الجماعة يمكن أن تنتج حلولاً أفضل للمشكلات والتوصل إلى أفكار أكثر فى العدد وأفضل فى الابتكار فى معالجة المشكلات عموماً ، ومنها ما يتعلق بالتلف وتحسين الجودة . وأن عصف الأفكار يمثل ممارسة خلاقة فى هذا المجال ، وفى هذه الممارسة يقوم مجموعة من العاملين بعقد جلسات لطرح أفكارهم بأسلوب حر ومشجع حول مشكلات الجودة للتوصل إلى المقترحات الخلاقة والجديدة التى يمكن توظيفها لتحسين الجودة . وهناك قواعد أساسية تساهم فى ضمان أن تكون جلسات عصف العقول مولدة فعالة للأفكار الجديدة والخلاقة وتجنب كل ما يعيق ذلك . ومن هذه القواعد ما يأتى :

- ليست هناك أفكار تافهة وسخيفة ؛ حيث إن أعضاء الجماعة يشجعون على طرح أفكارهم حتى ولو كانت غريبة وغير مألوفة .
- ترتكز المناقشة على الأفكار ، وليس على الأشخاص ؛ لهذا فإن الأفكار لا تربط بالأشخاص الذين لا يتحملون أية مسؤولية عن أية فكرة يطرحونها .
- إن كل فكرة تقدم تنتمى إلى الجماعة وليس إلى الشخص الذى يطلقها ، وبهذه الطريقة يمكن أن يستخدم أعضاء الجماعة أفكار الآخرين وتطويرها .
- عدم نقد أية فكرة ؛ حيث إن الغرض من جلسات عصف العقول هو توليد الأفكار وليس تقييمها .
- عدم هيمنة أية أفكار أو آراء أحد الأعضاء على جلسة عصف العقول ؛ وذلك لأن المطلوب هو الحوار غير المقيد والتوليد الحر للأفكار من قبل جميع أعضاء الجلسة وتطويرها للتوصل إلى الحلول الخلاقة .

ثانيًا : قوائم المراجعة (Check Sheets)

هذه الأداة تمكن المستفيدين من ترتيب وتنظيم البيانات حول التلف والأسباب المؤدية إليه بشكل يسهل التجميع والتحليل واستخلاص النتائج منها ، وهناك أنواع عديدة من هذه القوائم بعضها يربط حدوث التلف حسب ساعات العمل ، وبعضها الآخر يربط حدوث التلف بمواقع العمل . والجدول رقم (١٤-٢) يوضح قائمة المراجعة لأنواع التلف فى صناعة الحقائب المدرسية موزعة حسب ساعات العمل فى مركز العمل رقم (١٠) .

الجدول رقم (١٤-٢) : قائمة المراجعة بأنواع التلف فى الحقائب المدرسية

ساعات العمل	عدم تجانس الألوان	نقص قاعدة الحقيبة	عدم تثبيت أحد الحاملين	عدم تثبيت مقبض اليد	تلف الزمام الرئيسى	تلف الزمام الجانبى	الصورة مشوهة على الحقيبة	أنواع أخرى
٦-٧		II	II					
٧-٨		I	IIII	I				
٨-٩		III	~~IIII~~I	I	I			I
٩-١٠		III	I~~IIII~~I	II			I	
١٠-١١		IIII	IIII	III		I	I	
١١-١٢	II	~~IIII~~	I~~IIII~~I		II		I	
١٢-١	I	IIII	~~IIII~~I	I	II	II	I	
١-٢		II	I~~IIII~~I	I	I	I		
المجموع	٣	٢٤	٤٠	٩	٦	٤	٤	١

ثالثًا : تحليل باريتو (Pareto Analysis)

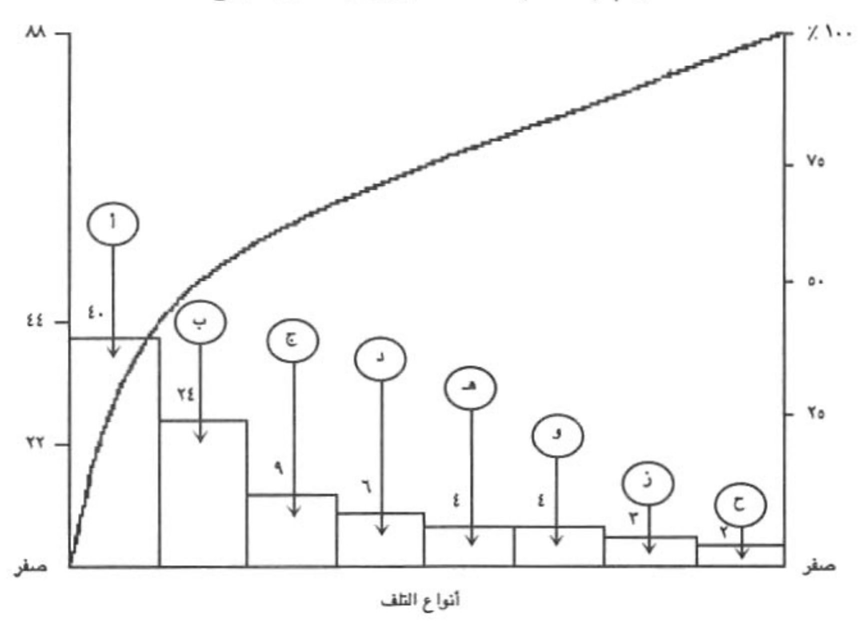
إن تحليل باريتو والتسمية متأتية من اسم الاقتصادى الإيطالى فى القرن التاسع عشر (فيلدريدو باريتو V. Pareto) أداة لتركيز الاهتمام على المشكلات المهمة ؛ حيث إن هذا التحليل يقوم على أن عدداً قليلاً من أنواع التلف تكون مسؤولة عن النسبة الأكبر من حالات التلف التى تحدث ، وتحليل باريتو يدعى أحياناً قاعدة (٨٠/٢٠) ، وهى تشير إلى أن (٢٠٪) من أنواع التلف تمثل تقريباً (٨٠٪) من مجموع حالات التلف أو من مجموع كلف التلف ؛ لهذا فإنه لتحسين الجودة يكون ضرورياً التركيز على معالجة أنواع قليلة (٢٠٪) من أنواع التلف ؛ ليؤدى إلى إزالة (٨٠٪) من مجموعة حالات التلف ، فى حين أن الأنواع أقل أهمية ؛ حيث إن الجهود التى تبذل قد تكون كبيرة إلا أن النتائج المتحققة منها محدودة الأهمية . إذا ما نظرنا إلى قائمة المراجعة فى الجدول رقم (١٤-٢) نلاحظ أن نوعين من التلف : عدم تثبيت أحد حاملى الحقيبة ونقص قاعدة الحقيبة (حوالى ٢٥٪ من مجموع أنواع التلف) تمثل (٦٤) حالة تلف أى حوالى (٧٠٪) . والشكل رقم (١٤-٣) يوضح هذه البيانات وإمكانية استخدامها .

رابعًا : مخطط السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram)

تدعى أيضًا مخطط عظام السمكة ؛ لأنها تأخذ شكل السمكة ، كما تسمى مخطط إيشكاوا (K. Ishikawa) الذى طوّر هذه الأداة المساعدة العمال الذين يهتمون بحل المشكلة عن طريق عدد العوامل المطلوب اختيارها : حيث تساعد على عرض وتحديد العوامل وآثارها على المشكلة : مما يساعد فيما بعد على توجيه الجهود نحو معالجتها بشكل أفضل وأكثر تنظيماً .



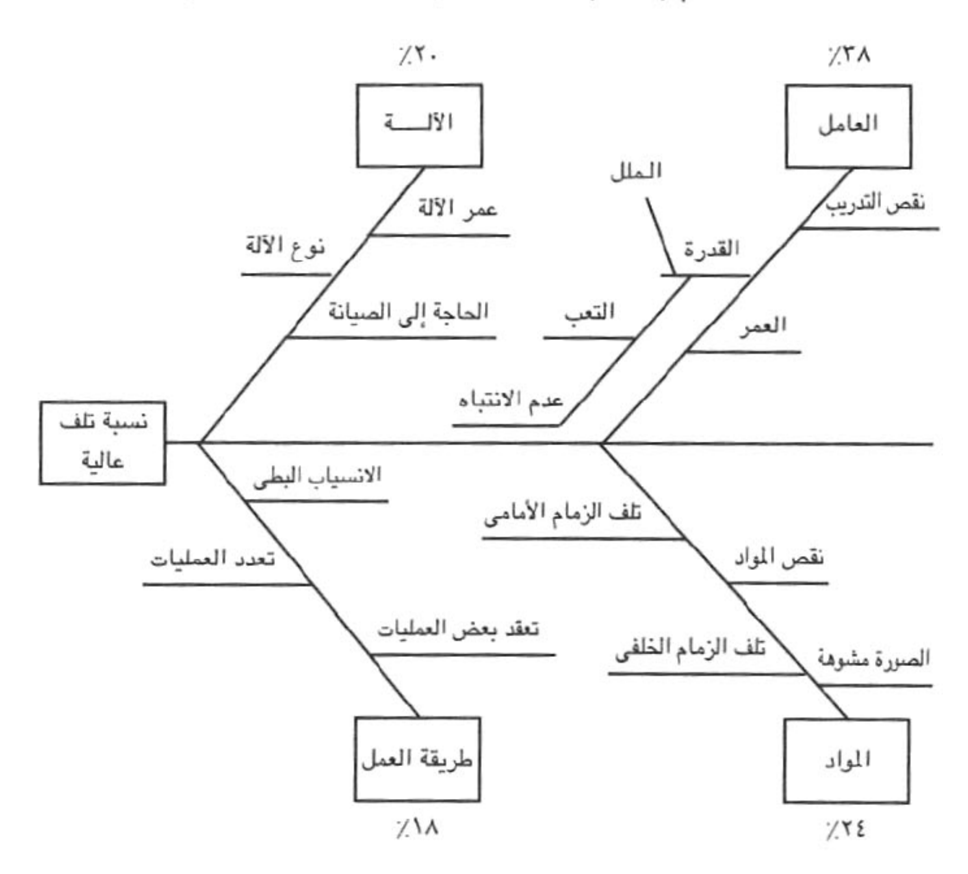
الشكل رقم (١٤-٣) : مخطط باريتو لتمثيل أنواع التلف



أ- عدم تثبيت أحد الحاملين	ب- نقص قاعدة الحقيبة
ج-عدم تثبيت مقبض اليد	د- تلف الزمام الرئيسى
هـ- تلف الزمام الأمامى	و- الصورة المشوهة
ز- عدم تجانس الألوان	ح- أنواع أخرى

فى أكثر الأحيان تستخدم بيانية السبب والنتيجة بعد جلسات عصف العقول لتنظيم الأفكار المطروحة ، وعادة ما توضع الأسباب فى فئات معينة تساهم فى إبراز عوامل أساسية تتفرع منها أسباب فرعية تؤدى كلها إلى النتيجة الرئيسية : تدنى الجودة ، وقد تحسب أو تقدر بنسبة مساهمة كل فئة من الأسباب فى أحداث النتيجة ؛ مما يساعد فى توجيه الجهود نحو الأسباب حسب أهميتها . والشكل رقم (١٤-٤) يوضح بيانية السبب والنتيجة للأسباب المؤدية إلى ظهور أنواع التلف فى الحقائب المدرسية على افتراض أن الشركة قامت بتقييم التلف وتحديد الأسباب المؤدية إليه .

الشكل رقم (١٤-٤) : بيانية السبب والنتيجة لتلف الحقائب



خامساً : طريقة إخفاق – وثوق (Fail-Safe Method)

إن هذه الطريقـة يمكن أن تستـخدم للمـحافظة على الجودة أثناء عمليات الإنتـاج ، وهى تشـبه فى عملها قفل الأرقام الذى لا يفـتح إلا إذا اسـتخـدم التعـاقب الصـحـيح للأرقـام ، كما تشـبه هذه الطريقة ضوء التنبيـه لربط حزام المقـعد فى الطائرات عند الإقلاع والهبوط ؛ فهى إذن تعتمد على وجود أجـهزة أو مؤشرات تنبيه ترشد عند العمل وفق مسـتوى الجودة الملائم مع اسـتخـدام منبـهات إضـافيـة عند العمل وفق مـسـتوى

الجودة غير الملائم ، ويمكن أن تطبق في الفحص الآلي أثناء الإنتاج حيث تفحص جميع الوحدات المنجزة في العمليات الأساسية والكشف عن الوحدات التالفة قبل الانتقال إلى العمليات اللاحقة . وهذه الطريقة بسيطة إلا أن لها تأثيراً كبيراً على خفض أخطاء العامل ، ومن ثم خفض الكلفة الناجمة عنها في زيادة التلف وتدني مستوى الجودة .

سادساً : طريقة تاغوتشي (Taguchi Method)

تاغوتشي (Genichi Taguchi) هو الفائز السابق بجائزة ديمنج للإنجاز الممتاز في مجال الجودة الصناعية ، والمدير السابق للأكاديمية اليابانية للجودة وحالياً مستشار دولي ، وقد طور مدخلاً للجودة نال قبولاً واسعاً من قبل الشركات ، وهناك سمتان لطريقة تاغوتشي :

أ - تصميم الجودة (Quality Design) : حيث إن هذه الطريقة تركز على جودة التصميم للتوصل للمنتوج الأكثر استجابة لعمليات السيطرة عليه أثناء التشغيل ، وأكثر استجابة لحاجات الزبون وأخيراً الذي يكون منتوجاً متيناً ، وهو المنتوج الذي يمكن أن يقوم بالأداء المطلوب أو المتوقع منه في ظل مدى واسع من ظروف البيئة بدون إخفاق وبأدنى كلفة استخدام أو تشغيل المنتوج ، والواقع أن مدخل تاغوتشي في هذا المجال أكثر تعقيداً ؛ لأنه يستخدم وسائل كثيرة لتحقيق جودة التصميم بما في ذلك الابتكار لخفض حساسية المنتوج عند صنعه لكل عوامل الضوضاء التي تؤدي إلى الانحرافات عن المستهدفات في المواصفات ، إضافة إلى استخدام طريقة التصميم المتين والتوسع بذلك لخدمات ما بعد الشراء من خلال المنتوج الذي يعمل في ظروف البيئة المختلفة وتشغيله يكون بأدنى كلفة لتتكامل هذه السمة مع السمة الثانية .

ب- دالة خسارة الجودة (Quality Loss Function) : إن دالة خسارة الجودة مقياس كمي للنجاح أو الإخفاق في الرقابة على الجودة ، وتعكس كلف النوعية بالنسبة للزبون والمجتمع التي تكون متدنية جداً في حالة المنتوج جيد الجودة ويتزايد بدالة

تربيعية للانحرافات عن المستهدفات فى حالة المنتوج سيئ الجودة . ومن الواضح أن طريقة تاغوتشى تركز على الزبون والخسائر الاقتصادية التى يتحملها خلافًا للمدخل التقليدى الذى يركز على الخسائر الاقتصادية التى تتحملها الشركة بغض النظر عن الآثار التى يحملها المنتوج سيئ الجودة ، كما أن طريقة تاغوتشى تمثل اتجاهًا قويًا نحو تحسين الجودة ليس على أساس النظرة الجزئية للمواصفات ، أو الانحرافات المسموحة ، أو نسبة الوحدات التالفة وغيرها ، وإنما على أساس الرؤية الشاملة لأبعاد الجودة المختلفة ، سواء من وجهة نظر هندسة وتخطيط المنتوج والتشغيل (ما قبل الإنتاج) ، والسيطرة على التشغيل وكلف التصنيع واستبعاد الانحرافات (أثناء الإنتاج) أو مجتمعية (ما بعد الإنتاج) . ولنا عودة لمدخل تاغوتشى فى ملحق هذا الفصل .

سابعًا : المقارنة المرجعية (Benchmarking)

المقارنة المرجعية أحد الأساليب الحديثة المستخدمة فى تطوير الأعمال فى الشركات بشكل عام وفى تحسين الجودة بشكل خاص . ويمكن تعريف المقارنة المرجعية بأنها عملية مستمرة لقياس ومقارنة المنتجات والخدمات من حيث الخصائص والجودة فى الشركة مع المنتجات والخدمات التى يقدمها المنافسون المتميزون أو المنافس الذى يقف فى المقدمة فى هذه المنتجات والخدمات ؛ فيكون هذا المنافس بمثابة المرجع الذى تقاس به وتقارن معه منتجات وخدمات الشركة التى تسعى إلى تحسين جودتها .

ومن الواضح أن المقارنة المرجعية تعتمد على التعلم من أفضل المنافسين من خلال هذه المقارنة ، إلا أنها لا تقف عند حدود التعلم ، وإنما تعمل على تحقيق المزاوجة بين أفضل ما لدى الشركة مع أفضل ما لدى المنافسين ، وقياس ذلك فى ضوء ما لدى المنافسين الذين تمت الاستفادة والتعلم مما لديهم . ولعل أهم ما يجب التأكيد عليه فى المقارنة المرجعية هو الاهتمام فى هذه المقارنة بالمعايير الكمية ، ففى جودة المنتج تتم المقارنة وفق معايير مثل : نسبة التلف ، عدد الأسباب المؤدية إلى التلف ، التسليم أسرع من المنافسين ، فترة الحاجة إلى صيانة بعد البيع ... إلخ . وفى جودة الخدمة

تتم المقارنة وفق معايير مثل : الوقت بين طلب الخدمة والبدء بتقديمها ، وقت الخدمة ، معدل الاحتفاظ بالزبون سرعة الاستجابة لمقترحات الزبون ... إلخ .

ولكى تؤدى المقارنة المرجعية دوراً فعالاً فى تحسين الجودة فلابد من أن تكون أسلوبًا منهجيًا يرتبط بعملية التحسين المستمر الذى تقوم به الشركة ، وهذا الأسلوب المنهجى للمقارنة المرجعية يتطلب أربع خطوات أساسية هى :

أ - التخطيط : يتم فى هذه الخطوة تحديد ما هو المنتج أو العملية أو الجزء أو السمة التى تتم مقارنتها مقارنة مرجعية ، كما يتم تحديد الشركة (أو الشركات) المرجعية التى سوف تستخدم فى عملية المقارنة ، ومن ثم تحديد معايير الأداء من أجل جمع المعلومات والتحليل .

ب- التحليل : يتم تحديد موقع منتج الشركة بالمقارنة مع منتجات الشركة أو الشركات المرجعية ، وبالتالى تحديد الفجوة بين أداء الشركة وتلك الشركات ، كما يتم فى هذه الخطوة تحديد أسباب هذه الفجوة .

ج- التكامل : فى هذه الخطوة يتم وضع الأهداف ؛ من أجل الاستفادة من هذه المقارنة لتطوير المنتج فى الجوانب التى تظهر فيها الفجوة ، وتحقيق دعم المديرين فى تقديم الموارد ، وما هو مطلوب لتحقيق الأهداف المتعلقة بتحسين المنتج .

د- الفعل : حيث يتم تطوير الفرق الوظيفية البيئية من أولئك الذى يتأثرون بالتغيرات المطلوب إدخالها لتجاوز الفجوة ، ومن ثم تطوير خطط النشاط وتخصصات الفرق والبدء بتنفيذ الخطط وتدقيق التقديم ، وإعادة المعايرة للمقارنة المرجعية كتحسينات متحققة .

إن التعلم من كل شىء بما فى ذلك التعلم من المنافسين لم يعد أمرًا غير مقبول كما كان فى السابق ، بل على العكس نجد أن (بيتر دركر P.F. Drucker) يسميه عند الحديث عن الابتكار بالتقليد الإبداعى ، فى حين أن (توم بيترز T. Petres) يسميه "السطو الخلّاق" ؛ لهذا فإن استخدام أسلوب المقارنة المرجعية يمكن أن يكون مصدراً مهمًا لأفكار وممارسات جديدة فى تحسين الجودة ، وهذا ما تقوم به أفضل الشركات الأكثر خبرة وموارد وتكنولوجيا .

ولابد من أن نشير إلى أن الشركة فى المقارنة المرجعية لا تتعلم فقط من الشركات المنافسة ، بل إن بعض الشركات التى لديها فروع متعددة أو مصانع متعددة أو خطوط إنتاجية متعددة يمكن أن تقوم بهذه المقارنة المرجعية على الصعيد الداخلى ، وفى هذا السياق يمكن التمييز بين ثلاثة أنواع من المقارنة المرجعية وهى :

أولاً : المقارنة المرجعية الوظيفية (Functional Benchmarking) : فيها يتم مقارنة المجالات مثل الإدارة ، خدمة الزبون ، عمليات البيع ، جودة المنتج أو الخدمة مع تلك الشركات الممتازة فى أية صناعة (دون افتراض تشابه المنتجات أو الخدمات) ، فمثلاً تتم مقارنة تحسينات الشركة لتصغير المنتج كأحد إجراءات تحسين الجودة مع شركة ممتازة فى تحسينات التصغير مثل شركة سونى اليابانية .

ثانيًا : المقارنة المرجعية التنافسية (Competitive Benchmarking) : فيها تتم المقارنة مع المنافس المباشر فى المجال الذى تعمل فيه الشركة ، كما فى مقارنة جودة التغليف فى شركة للبسكويت مع شركة منافسة ممتازة تعمل فى نفس المجال ؛ مما يساعد على تحديد الفجوة مع المنافس الذى يمثل تهديداً لحصة الشركة السوقية .

ثالثًا : المقارنة المرجعية الداخلية (Internal Benchmarking) : تستخدم كما أشرنا فى الشركات التى لديها فروع متعددة ، مصانع متعددة ، وحتى خطوط إنتاجية تنتج منتجات متعددة ، حيث يمكن تحديد الفرع أو المصنع أو الخط الإنتاجى المتفوق ؛ ليكون بمثابة المرجع فى إجراء المقارنة مع الفروع أو المصانع أو الخطوط الإنتاجية الأخرى . والواقع أن مثل هذه المقارنة يمكن أن تطبق بشكل جيد فى الشركات التى لديها برامج طويلة الأمد للتحسين المستمر .

١٤-٦- الأيزو ٩٠٠٠ :

تمثل المواصفات القياسية العالمية أيزو ٩٠٠٠ (ISO 9000) الصادرة عن المنظمة الدولية للتقييس (ISO) عام ١٩٨٧م ، وثيقة رسمية ذات طابع شمولى لكل ما أقرته هذه المنظمة فى مجال الجودة منذ تأسيسها عام ١٩٤٦م وحتى الآن ، كما تمثل أيضاً

استجابة فعالة وعلى نحو عالمى للاتجاهات الجديدة التى تضع الجودة فى مركز الاهتمام الإستراتيجى للأعمال فى العالم كله .

وللوقوف على شمولية هذه المواصفات القياسية ؛ نشير إلى أن المواصفات القياسية (أيزو ٩٠٠٠-٩٠٠٤) تشملها أربع وثائق : الأولى (أيزو ٩٠٠١) يطبق على الشركات التى تصمم ، تطور ، تنتج ، تقيم ، و تخدم المنتجات ، الوثيقة الثانية (أيزو ٩٠٠٢) تطبق على الشركات التى تعمل فى الإنتاج والتركيب ، والوثيقة الثالثة (أيزو ٩٠٠٣) تطبق على المجالات الخاصة بالفحص والاختبار النهائى للمنتجات ، والوثيقة الرابعة (أيزو ٩٠٠٤) تتضمن توجيهات حول التطبيق الملائم للمواصفات ، أما المواصفتان (أيزو ٩٠٠٠) و (أيزو ٩٠٠٤) فتحددان العناصر الأساسية لنظام ضمان الجودة الشاملة والتوجيهات المرشدة فيها . وهذا يعنى أن هذه المواصفات تهتم بالجودة فى التصميم والعمليات والتنفيذ والأنشطة المرتبطة بها . كما أن المواصفات القياسية لـ(أيزو ٩٠٠٠) تطبق على كل أنوا ع الشركات الصناعية والخدمية .

ويمكن أن نلاحظ تأثير المواصفات القياسية لـ(أيزو ٩٠٠٠) على الجودة عالمية المستوى فيما يأتى :

أ – إن المواصفات القياسية لـ(أيزو ٩٠٠٠) قدمت للشركات خبرة متكاملة ونظامًا شاملاً من خلال تحديد (٢٠) عنصرًا تمثل المتطلبات الشاملة لضمان الجودة فى الشركات على نحو عالٍ . وهذا النظام يساعد الشركات على ضبط الجودة وتنظيمها بكفاءة ، وهذه الوظيفة يمكن تسميتها بوظيفة تدبير وتنظيم البيت الداخلى من أجل الجودة .

ب– إن هذه المواصفات تقدما نظامًا محكمًا لتقييم أنظمة الجودة ، سواء عن طريق المدقق الداخلى فى الشركة أو المدقق الخارجى الذى هو جهة مفوضة لمنح شهادة بالوفاء بمتطلبات (أيزو ٩٠٠٠) (وظيفة تدقيق الجودة) .

ج– إن هذه المواصفات توفر نظامًا محكمًا لتوثيق أنظمة ضمان الجودة فى الشركات . فى حين أن على الشركات الساعية إلى الحصول على شهادة (أيزو ٩٠٠٠) ، أن

تقدم الوثائق المطلوبة التى تثبت من خلالها التزامها بمواصفات (أيزو ٩٠٠٠) لمدقق خارجى لديه ترخيص فى منح شهادة بذلك (وظيفة توثيق الجودة) .

د- إن النقاط الثلاث السابقة تساعد على إيجاد وعى عالٍ بالجودة ، ليس كأفكار عامة وإنما كأساليب وخطوات عملية تتطلب تكلفة عالية ، وفى أحيان كثيرة وقتًا طويلاً لكى تتمكن الشركات من الإيفاء بها ، وتؤدى بالنتيجة إلى تحسين كبير فى جميع عناصر نظام الجودة فى الشركة (وظيفة وعى الجودة) .

هـ- إن هذه المواصفات القياسية التى تساهم فى توحيد متطلبات الجودة فى الشركات على نحو عالمى وبغض النظر عن هوية الشركة ؛ فإن الشركات التى تحمل شهادة مصدقة الوفاء بمتطلبات (أيزو ٩٠٠٠) تكون متماثلة فى أنظمة الجودة .

و- إن هذه المواصفات تقدم ضمانًا موثوقًا للزبائن حول جودة المواد والمنتجات والخدمات التى يتعامل بها المنتجون والموردون الذين لديهم شهادة (أيزو ٩٠٠٠) . وهذا ما يؤدى إلى تحقيق الجودة عالمية المستوى وتحفيز الشركات عليها ؛ لأن الشركات التى لا تمتلك شهادة مصدقة تواجه مشكلات كبيرة فى المنافسة وعقد الصفقات . وهذا ما يفسر التزايد السريع فى عدد الشركات الحاصلة على شهادة (أيزو ٩٠٠٠) ؛ حيث يبلغ عددها (٤٥) ألف شركة عام ١٩٩٣م (وظيفة موثوقية الزبون) .

ز- إن جوائز الجودة التى تمنح للشركات فى دول كثيرة للتحفيز من أجل الجودة - أخذت تعتمد بشكل متزايد على موصفات (أيزو ٩٠٠٠) ؛ لكى توجد تكاملاً بين المعايير والاهتمامات بالجودة على المستوى الوطنى مع المعايير والاهتمامات بالجودة على المستوى العالمى (وظيفة التحفيز من أجل الجودة) .

وأخيرًا فإن (أيزو ٩٠٠٠) أخذت تمثل الأساس الدولى المشترك للشركات الذى يساهم فى بلورة المتطلبات الأساسية والمعايير الموضوعية والظروف المحفزة من أجل الجودة عالمية المستوى ، وبدون ذلك لا يمكن البقاء والنمو فى السوق دون هذه المواصفات . والجدول رقم (١٤-٥) يوضح هذه المتطلبات الأساسية .

الجدول رقم (١٤-٥) : المتطلبات الأساسية (للأيزو ٩٠٠٠)

المتطلبات الأساسية
١ - مسؤولية الإدارة عن الالتزام بالجودة ورضا الزبون .
٢ - نظام الجودة يستلزم الدليل العلمى للجودة للإيفاء (الأيزو ٩٠٠٠) .
٣ - مراجعة نظام الجودة .
٤ - الرقابة على التصميم .
٥ - الرقابة على التوثيق .
٦ - الجودة فى عملية الشراء .
٧ - الرقابة على جودة المنتجات الموردة (الرقابة على الإنتاج) .
٨ - مطابقة المنتج وتعقب ذلك خلال مراحل الإنتاج .
٩ - الرقابة على التشغيل (الرقابة على العملية) .
١٠- الفحص والاختبار(ضمان أن تكون جميع المنتجات مفحوصة) .
١١- أجهزة الفحص والقياس والاختبار .
١٢- مواضع الفحص والاختبار (تعليم المنتجات خلال مراحل الإنتاج) .
١٣- الرقابة على المنتج غير المطابق .
١٤- النشاط التصحيحى (لحل مشكلات عدم التطابق) .
١٥- الرقابة على المناولة والخزن والتغليف والتسليم .
١٦- سجلات الجودة (حفظ وثائق وسجلات نظام الجودة) .
١٧- تدقيق الجودة الداخلية .
١٨- التدريب (تحديد احتياجات العاملين وتدريبهم) .
١٩- خدمة المنتج والمسؤولية القانونية (وفق ما هو مطلوب فى العقود) .
٢٠- الرقابة الإحصائية (على العمليات والمنتجات والخدمات) .

١٤ - ٧ - مساهمات فى مجال الجودة :

قد حفلت الجودة بمساهمات كبيرة قدمها بعض المتخصصين فى مجال النوعية الذين كان لهم أثر كبير فى إعادة النظر بالمفاهيم التقليدية السائدة وتقديم مفاهيم ومعالجات جديدة فى هذا المجال ، ونشير فيما يأتى لأهم هذه المساهمات :

أولاً : رقابة الجودة الشاملة (Total Quality Control) : إن مصطلح رقابة الجودة الشاملة هو فى الأصل عنوان لكتاب بهذا الاسم كتبه (أرماند فيجنبوم A. Feigenbaum) ونشر لأول مرة عام ١٩٥١م ، ومع مفهوم رقابة الجودة الشاملة لا تعود الجودة نشاطًا محصوراً فى قسم الرقابة على الجودة ، وإنما مسؤولية واسعة وشاملة تبدأ مع التزام الإدارة بالجودة واستمرار التحسينات فيها بدءًا من التصميم ، ومن ثم المدخلات والعمليات وصولاً إلى المخرجات . وقد استفاد اليابانيون من مفهوم رقابة الجودة الشاملة ؛ ليكون أحد الخصائص الأساسية لمدخلهم المتميِّز فى الجودة ، كما سنوضح ذلك فى ملحق هذا الفصل .

ثانيًا : الجودة المجانية (Free Quality) : إن هذا المفهوم قدمه (فيليب كروسبى F. Crosby) الذى عمل (١٤) سنة مساعداً للرئيس ومديراً للجودة فى شركة (ITT) الأمريكية ، وهو المبادر ببرامج التلف الصفرى ومؤلف الكثير من الكتب الأكثر شعبية مثل : الجودة مجانًا "Quality Free" ، والجودة بدون دموع "Quality Without Tears" . ومفهوم الجودة المجانية تقوم على أن الجودة ليست هدية وإنما هى مجانية ، فما يكلف النقود هو الأشياء التالفة أو الأشياء بدون جودة بينما الأعمال التى تنجز بشكل صحيح لأول مرة لاتكلف النقود ونقتصد بها وهذا ما يجعل الجودة مجانًا . كما أن كروسبى فى مدخله إلى الجودة يركز على الأبعاد السلوكية والتى تركز على دور الإدارة فى إثارة الاهتمام بالجودة ومتابعتها لأساليب وبرامج تحسين الجودة .

ثالثًا : مساهمة ديمنج فى مجال الجودة : (إدورد ديمنج W.E, Deming) أخصائى أمريكى ومن خبراء الجودة المعروفين ، وقد ساهم مساهمة كبيرة فى برامج تحسين الجودة اليابانية فى الخمسينيات ، وقد اعترف اليابانيون بهذه المساهمة عندما وضعوا جائزة للجودة تحمل اسمه (Deming Award) تمنح للإنجازات المهمة فى مجال الجودة . إن مدخل وفلسفة ديمنج فى جوهرها تقوم على أن

هناك استخداماً محدوداً لكفاءة ومهارات العمال فى خط الإنتاج الأول لتحسين الجودة ؛ وذلك لأن أغلب الأشياء التى تساهم بالجودة هى خارج سيطرتهم كما فى امتلاك الآلات والأدوات الملائمة ، المواد الملائمة ، التدريب الجيد ، وعمليات الإنتاج الجيدة ؛ لهذا فإن النظام هو المسؤول عن (٩٤٪) من أسباب الإخفاق فى الجودة ، وأن العامل هو المسؤول عن النسبة الباقية ؛ لهذا يوصى ديمنج أن تأخذ الإدارة فى الشركات بالنقاط الأربع عشرة التى نادى بها ، والتى تلخص مدخله كما فى الجدول رقم (١٤-٦) .

إن جوهر مدخل (ديمنج) لإنجاز الجودة العالمية إحصائى ؛ فكل عملية سواء على أرض المصنع أو فى المكتب تتعرض لانحرافات عما هو مثالى أو عن مواصفات التصميم ، وقد قدم (ديمنج) الطريقة المنهجية لقياس هذه الانحرافات ؛ وذلك بإيجاد أسبابها لتقليصها أو إزالتها ، ومن ثم تحسين العملية والمنتوج . ديمنج يصنف أسباب الانحرافات إلى نوعين :

النوع الأول : الأسباب الخاصة (Special Causes) : تكون من مسؤولية العامل بسبب إهماله ، وتنتج (٦٪) من الإخفاقات الناجمة عن انحرافات شاذة غير قابلة للتنبؤ .

النوع الثانى : الأسباب العامة (Common Causes) : وتكون من مسؤولية النظام وتنتج (٩٤٪) من إخفاقات الجودة ، وتخلق انحرافات متناغمة قابلة للتنبؤ مثل الاختلافات الضئيلة فى أبعاد تجويف المنتوج بنفس الآلة .

وهكذا يحاول (ديمنج) وضع عملية الإنتاج تحت الرقابة الإحصائية لإزالة الاختلاط الكامل بين الأسباب الخاصة والعامة ، وبعدئذ العمل على الأسباب العامة بتغيير النظام وقياس نتائج ذلك بشكل متسق .

١٤-٨- الفحص :

الفحص (Inspection) هو عملية التأكد من خلال الملاحظة والقياس للمدخلات والعمل فى التشغيل ، وكذلك المخرجات من أنها مطابقة للمواصفات أو المعايير القياسية (Standards) أم لا ، هو إذن يوفر البيانات الضرورية المتعلقة لضمان الجودة لهذه المكونات وفق ما هو محدد بشكل مسبق .

إن فحص المدخلات يقوم على أساس منطقى هو أن المخرجات لا يمكن أن تكون بأية حال أفضل من مدخلاتها ، وبالتالى ؛ فالمدخلات الجيدة شرط لابد منه لمخرجات جيدة ، فى حين أن المدخلات التالفة لابد - بعد المرور فى عمليات التحويل - أن تؤدى إلى منتوج نهائى تالف أو غير مقبول ، وعندها تتحمل الشركة كلفة الإخفاق العالية فى التصليح وإعادة العمل والاستبدال وغيرها ، وهذه الكلفة تكون أكبر من كلفة الفحص للمدخلات ؛ لهذا يكون على الإدارة أن تتخذ قرارها بفحص الشحنات الواردة من المواد والأجزاء الداخلة وفق معايير محددة مسبقًا تحدد بوضوح ما هو مقبول وغير مقبول ومستويات ذلك .

الجدول رقم (١٤-٦) : نقاط ديمنج الأربع عشرة لتحسين الجودة

١- ابتكر ، خطط المنتجات وفق منظور طويل الأمد وبشكل حاجات الشركة .
٢- تعلم الفلسفة الجديدة : لاتنغمس فى القديم .
٣- استخدم الرقابة الإحصائية لضمان جودة المنتجات الداخلة والخارجة ، لاتعول على الفحص الواسع .
٤- استعن بالعدد الأدنى من الموردين .
٥- تحقق أن هناك مصدرين لمشكلات الجودة : نواقص النظام والأداء غير الملائم للعمل ، والأرجح أن المشكلة فى النظام .
٦- حسِّن وطور تدريب العمل .
٧- قدِّم المنزلة الأعلى للإشراف ومتطلباته .
٨- استبعد الخوف ، وهكذا كل واحد قد يعمل بشكل فعال من أجل الشركة .
٩- حافظ على الاتصال المفتوح باتجاهين بين جميع الأقسام .
١٠- تحرر من الأهداف والشعارات الرقمية .
١١- اختبر وقيم معايير العمل بطريقة واقعية . لاتعول على المعايير القائمة على الحصص الرقمية .

تابع : الجدول رقم (١٤-٦) نقاط ديمنج الأربع عشرة لتحسين الجودة

١٢- استبعد العقبات التى تقف بين العامل على أساس الساعة وحقه فى الاعتزاز بالصنعة .
١٣- اقم برنامجًا تدريبيًا نشيطًا فى المهارات الجديدة .
١٤- اخلق هيكلاً فى الإدارة العليا لمواصلة العمل كل يوم على النقاط الثلاث عشرة السابقة .

والحالة الثالثة فى هذا المجال هى ألا تفحص المدخلات بشرط ضمان أن نسبة التلف لا تزيد على المتفق عليها مسبقًا . وهذه الحالة لايمكن ضمانها إلا عن طريق العلاقات القوية مع موردين يعول عليهم وعلى مخرجاتهم التى تمثل المدخلات المطلوبة بدون الحاجة لإعادة فحصها .

أما فحص العمل فى التشغيل (Work-In-Process Inspection) فهو التأكد من مخرجات كل عملية أو كل مجموعة من العمليات المترابطة بأنها مطابقة للمعايير القياسية ، وبالتالى استبعاد الوحدات غير المطابقة ؛ لكى لا تستمر لتزيد من نسبة التلف فى المخرجات . وبسبب تعدد العمليات يصبح من الضرورى تحديد كم من الفحص أو محطات الفحص تستخدم وأين يتم توزيعها . مع أن الإجابة المطلقة ليست ممكنة لاختلاف ظروف وعمليات ونسبة التلف فى كل شركة إلا أن الطريقة التجريبية هى المتبعة فى تحديد ذلك بالاعتماد على عاملين هما : نسبة الوحدات التالفة فى كل مرحلة من مراحل العمليات التحويلية ، وكلفة التحويل .

وفيما يتعلق بمواقع محطات الفحص ، فإن الحالة المثلى اقتصاديًا تتمثل فى وضع الفحص فى الموقع ، حيث تكون كلفة الفحص بأدنى مستوى ونسبة الوحدات التالفة بأعلى مستوى ، وفى مثل هذه الحالة ستكون النسبة الحرجة (نسبة كلفة الفحص إلى الوحدات التالفة) صغيرة جدًا . إلا أن الحالة المثالية من وجهة نظر إدارة العمليات المعاصرة هى ألا يكون هناك فحص العمل فى التشغيل ، وذلك بتطوير مهارات العاملين وتوسيع مسؤولياتهم ؛ ليكون العامل الذى يقوم بالعملية هو المسؤول عن فحص مخرجاتها لضمان جودتها .

ويقترح (آدم و إيبرت Adam and Ebert) طريقته فى ثلاث خطوات لتحديد مواقع محطات الفحص وهى :

أ – حدد كل مراحل العملية التحويلية التى تكون المواقع المحتملة لمحطات الفحص مع تقدير كلفة الفحص لكل موقع محتمل ، واجمع بيانات عن نسبة الوحدات التالفة خلال الفترة الماضية فى هذه المواقع المحتملة .

ب– احسب النسبة الحرجة لكل محطة فحص فى المواقع المحتملة (نسبة كلفة الفحص إلى الوحدات التالفة) .

ج– رتّب محطات الفحص على أساس النسبة الحرجة : فتكون النسبة الحرجة الأصغر هى الموقع المرغوب الأفضل ، والنسبة الحرجة الأكبر تكون غير مرغوبة بالترتيب ، ومن ثم استخدام المواد المخصصة للفحص وفق هذا الترتيب حتى يتم استنفادها . والمثال (١٤–١) يوضح هذه الطريقة .

مثـــال (١٤–١) :

عملية تحويلية ذات ثلاثة مواقع محتملة للفحص (أ ، ب ، ج) ، وبعد جمع البيانات ظهر أن نسبة الوحدات التالفة فى هذه المواقع هى : (١٠٪) فى الموقع (أ) و (٥٪) فى الموقع (ب) و (٦٪) فى الموقع (ج) ، وقدرت كلفة الفحص عند الموقع (أ) بمقدار (١٥٠) ديناراً ، وعند (ب) بمقدار (٢٠٠) دينار وعند (ج) بمقدار (١٠٠) دينار . ما هو ترتيب مواقع الفحص الذى يفضل استخدامه عند محدودية الموارد المخصصة للفحص ؟

الحـــل :

احتساب النسبة الحرجة :

الموقع (أ) = $\frac{١٥٠}{٠,١٠}$ = ١٥٠٠ دينار .

الموقع (ب) = $\frac{٢٠٠}{٠,٠٥}$ = ٤٠٠٠ دينار .

الموقع (ج) = $\frac{١٠٠}{٠,٠٦}$ = ١٦٦٧ ديناراً .

يجب أن تكون هناك محطة فحص عند الموقع (أ) فإذا توفرت الموارد تكون هناك محطة فحص ثانية عند (ج) ، فإذا توفرت موارد أيضًا تكون المحطة الثالثة عند الموقع (ب) .

أما فحص المخرجات فإنه يمثل نقطة التركيز فى عملية الفحص والتى تركز عليها الإدارة بدرجة كبيرة ، ورغم أهمية الفحص فى المراحل السابقة كوقاية مبكرة إلا أن فحص المخرجات هو المحطة الأخيرة قبل خروج المنتوج من المصنع إلى الزبون (أى انتقال الإخفاق الداخلي إلى إخفاق خارجي) . وفى فحص المخرجات يجب أن تحدد المعايير القياسية التى على أساسها يتحدد ما هو مقبول ومرفوض ، كما يجب تحديد الانحرافات والإجراءات التصحيحية التى تتخذ لمعالجة أسبابها ومصادرها .

إذن الفحص فى المراحل الثلاث ضرورى لضمان الجودة ؛ لهذا فإنه يتطلب استخدامًا رشيداً من حيث كمية وكلفة الفحص ومواقع استخدامه ، وبشكل عام فإن هناك مؤشرات يمكن الاستفادة منها فى ترشيد عملية الفحص ، هى :

أ – أن كمية الفحص المطلوبة تزداد فى العمليات التى يتزايد فيها التدخل البشرى ، خلافًا للعمليات المكننة أو المؤتمتة التى تميل إلى أن تكون ذات معولية عالية .

ب– إن العمليات المكلفة تتطلب استخدام موقع فحص قبل دخول المواد إليها ، وبالتالى كلما ازداد عدد هذه العمليات المكلفة ازداد مقدار أو كمية الفحص .

ج– فى أنظمة الإنتاج بحجوم كبيرة يكون من الضرورى استخدام الفحص المؤتمت ، ولقد استخدم اليابانيون هذا الأسلوب بكفاءة عالية ؛ فالمتحسسات الإلكترونية قد تنصب لتبيين الخطوات التى لا تنجز أو تنجز بشكل غير قياسى ، وأن الضوء المنبه يضئ فوراً ؛ ليحذر العامل من الخطأ ، واليابانيون يسمّون هذه الأساليب (Poke a yoke) أى المضمونة التى لا تخفق .

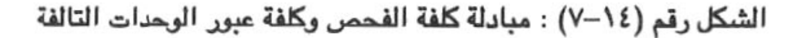
د- فى العمليات التى من المتعذر إلغاء أثرها يكون الفحص ضروريًا قبلها مباشرة ؛ ففى بعض الأحيان يكون ممكنًا معالجة الخطأ بالمادة فى عمليات معينة ، ولكن معالجة الخطأ بعد عمليات أخرى غير ممكن ، فمثلاً الأوانى الفخارية يمكن معالجتها قبل عملية الحرق أما بعد الحرق ، فإن المنتوج التالف إما أن ينبذ أو يباع كمنتوج ثانوى بسعر منخفض .

هـ- إن مقدار الفحص يزداد بدرجة أكبر فى العمليات التى تكون خارج السيطرة بشكل متكرر ، بالمقارنة مع العمليات المستقرة التى تكون عادةً تحت السيطرة ، فالأولى بحاجة إلى فحص مستمر ، بينما الثانية لا تحتاج إلا إلى فحص غير متكرر .

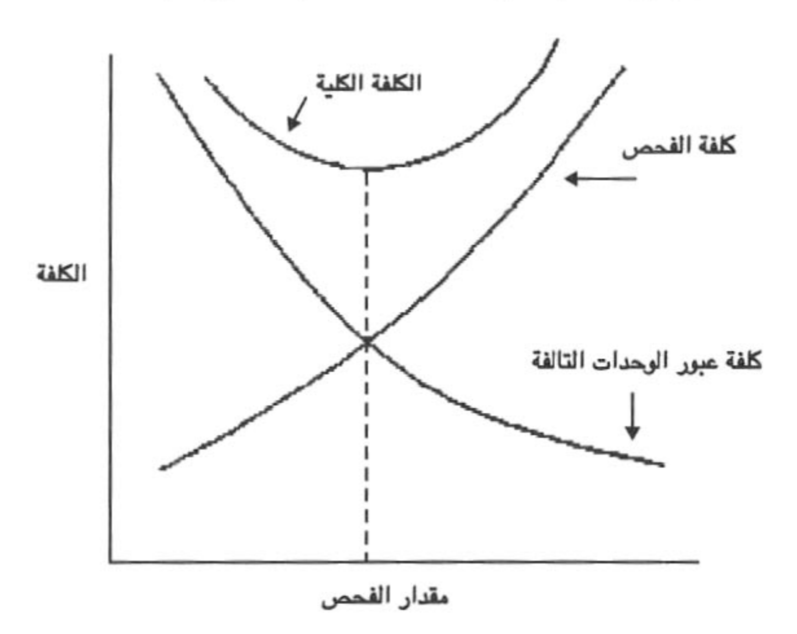
و- إن المنتجات التى تكون فيها كلفة عدم اكتشاف الوحدات التالفة كبيرة تتطلب مقدارًا أكبر من الفحص ، مثال ذلك معدات الطيران الجوى التى تمثل مكونات حرجة والإخفاق فيها ذو كلفة بشرية ومادية عالية ؛ لهذا فإنها تفحص بدقة كبيرة ، بينما فى المنتجات التى تكون قليلة الأهمية والكلفة وتنتج بحجم كبير وكلفة عدم اكتشاف التلف متدنية كما هو الحال فى الأقلام الخشبية والدبابيس ومشبكات الورق - فإنها تتطلب فحصًا أقل خاصة ، وأن عمليات إنتاج هذه المنتجات عادة ما يعول عليها والتلف فيها نادر .

بعد هذا العرض لمراحل عملية الفحص لابد من التأكيد على أن مدير العمليات لا ينظر إلى الفحص على أنه ضرورى وقائم بذاته ؛ لهذا فإنه يبحث عن مستوى الفحص الأمثل آخذًا بالاعتبار أن لمقدار أو كمية الفحص مدى واسعًا يمتد من اللافحص إلى الفحص بالكامل (١٠٠٪) ، أى فحص كل وحدة من المدخلات أو من العمل فى التشغيل أو المخرجات ، وبالتالى لابد من اختبار مقدار الفحص الملائم .

إن مقدار الفحص الملائم يتحدد بكلفة الفحص والكلفة المتوقعة لمرور الوحدات التالفة ، ويلاحظ أن هاتين الكلفتين متعاكستان ؛ حيث إن زيادة أنشطة الفحص ، وبالتالى كلفته تؤدى إلى خفض كلفة الوحدات التالفة غير المكتشفة ، وفى هذه الحالة فإن مقدار الفحص الملائم هو الذى يحقق الحد الأدنى من مجموع الكلفتين ، والشكل رقم (١٤-٧) يوضح كيفية تحديد المستوى الأمثل للفحص .



الشكل رقم (١٤-٧) : مبادلة كلفة الفحص وكلفة عبور الوحدات التالفة



١٤-٩ - معاينة القبول :

إن معاينة القبول أو القبول عن طريق العينات أسلوب للرقابة الإحصائية على الجودة الذى يستخدم لاتخاذ قرار القبول أو الرفض لشحنات المدخلات (المواد المشتراة) والمخرجات (المنتجات النهائية) ، وهى شكل من الفحص يطبق على الوجبات أو الشحنات من المواد أو المنتجات ، والغرض منها هو تحديد مدى إيفائها بالمعايير القياسية المحددة مسبقًا ، فعندما تكون مستوفية بالمعايير ؛ فإنها مقبولة وعندما لا تفى بالمعايير فإنها مرفوضة . ومعاينة القبول كأسلوب إحصائى مهم فى الرقابة على الجودة يختلف عن الرقابة على العملية ؛ حيث إن معاينة القبول تتم قبل الإنتاج لقبول أو رفض المواد الداخلة وبعد الإنتاج لقبول أو رفض وجبة المنتجات النهائية ، فى حين أن الرقابة على العملية تتم أثناء الإنتاج وغرضها الأساسى هو التأكد من أن العملية التحويلية تتم وفق المعايير القياسية من خلال عينات دورية تؤخذ من بعض المراحل ،

ومن خلال ذلك يتحقق التأكد من أن المخرجات المستقبلية ستكون مقبولة ، وأن الأداة الأساسية فى الرقابة على العملية هى مخططات الرقابة .

وتعتمد معاينة القبول على خطة المعاينة التى تحدد حجم العينة وعدد وحدات العينة التى تكون مطابقة للمواصفات أو المعايير القياسية المحددة مسبقًا ؛ لتكون الوجبة أو الشحنة كلها مقبولة ، وعند عدم تحقق ذلك فإن الوجبة أو الشحنة تكون مرفوضة ، وفى هذه الحالة فإما أن تفحص فحصًا كاملاً (١٠٠٪) ، أو تتم إعادتها للمورد لاستبدالها . ولابد من أن نشير إلى أن استخدام أسلوب العينات له أسباب كبديل فعال واقتصادى للفحص الشامل خاصة أن الأساليب الإحصائية للرقابة على الجودة أصبحت أكثر دقة فى التوصل إلى القرار الصحيح فى قبول أو رفض الوجبات أو الشحنات . وبشكل عام فإن استخدم العينات يكون مفيداً فى الحالات الآتية :

أ - إذا كان حجم الوجبة كبيراً جدًا وينبغى معالجة فحصه فى وقت قصير من أجل الاستلام أو التسليم .

ب - عندما تكون كلفة نتائج مرور الوحدات التالفة منخفضة .

ج - فى الحالات التى يكون فيها الاختبار تدميرياً كما فى اختبار القنابل واختبار متانة المنتوج (وكذلك فى اختبار وجبات الطعام السريعة حيث إن الفحص الشامل يعنى أكلـها كلها) .

د - عندما يؤدى التعب والملل الناجم عن فحص الأعداد الكبيرة من المواد أو المنتجات إلى أخطاء الفحص . وفى معاينة القبول هناك المخاطر الناجمة عن أخطاء المعاينة واستخدام خطط المعاينة البديلة ونعرض فيما يأتى لهذين الموضوعين .

أولاً : أخطاء المعاينة (Sampling Errors)

هناك نوعان من الأخطاء يمكن أن ينتجا عن معاينة القبول وهما ، النوع الأول : عندما تكون الوجبة أو الشحنة بنوعية جيدة إلا أن العينة التى تسحب عشوائيًا منها تتضمن عدداً كبيراً من الوحدات التالفة (أكبر من المسموح) ، وبما لا يتناسب مع حجم العينة فترفض الوجبة أو الشحنة خطأً ، وهذا هو الخطأ من النوع الأول

(Type I Error) ، أو مخاطرة المنتج (Producer's Risk) ويرمز لها عادة بالحرف اللاتينى ألفا (α) . وفى النوع الثانى فإن الوجبة أو الشحنة تكون ذات جودة رديئة ، ولكن العينة التى تسحب عشوائيًا منها تتضمن عددًا قليلاً من الوحدات التالفة (ضمن الحدود المسموحة) فتقبل الوجبة أو الشحنة خطأ ، وهذا هو الخطأ من النوع الثانى (Type II Error) ، أو ما يدعى بمخاطرة المستهلك (Consumer's Risk) ويرمز له بالحرف اللاتينى بيتا (β) . إن هذين الخطأين يظلان محتملين ؛ لأنهما يرتبطان بأسلوب العينات وعملية سحب العينة عشوائيًا (لضمان تمثيل العينة للوجبة أو الشحنة) والمهم أن تضمن خطة المعاينة ، وأن أيًا من هذين الخطأين لايكون أكبر من المستوى المختار المحدد (كما سنوضح ذلك لاحقًا) .

ثانيًا : خطط المعاينة (Sampling Plans)

إن خطة المعاينة تحدد حجم العينة (ن) ونسبة الوحدات التالفة المسموحة (جـ) ، أى معيار القبول أو الرفض وفى التطبيقات الصناعية هناك ثلاثة أنوا ع أو مستويات من خطط المعاينة وهى :

أ ـ خطة المعاينة المنفردة (Single Sampling Plan) : فيها تسحب عينة عشوائية واحدة من الوجبة ، ومن ثم نفحص وحدات العينة ، فإذا كان عدد الوحدات التالفة فى العينة أكبر من عدد الوحدات التالفة المسموحة ترفض الوجبة . ويلاحظ أن (جـ) تمثل معيار القبول أو الرفض ؛ لهذا يدعى عدد القبول (Acceptance Number) ، وهو يمثل عدد وحدات العينة المحدد فى خطة المعاينة التى يحب أن تطابق المواصفات إذا كانت الشحنة مقبولة . وأن القرار فى خطة المعاينة المنفردة يكون مبنيًا على أساس نتائج العينة الواحدة .

ب ـ خطة المعاينة الثنائية (Double Sampling Plan) : هذه الخطة تسمح بأخذ عينة ثانية من الوجبة ؛ إذا كانت نتائج العينة الأولية غير حاسمة وتستدعى عينة ثانية . فمثلاً إذا كانت العينة الأولية بعد الفحص ذات جودة جيدة ، أى أن عدد الوحدات التالفة أقل من (جـ١) ؛ فإن الوجبة تقبل دون حاجة إلى أخذ عينة ثانية . أما إذا كان عدد الوحدات التالفة فى العينة الأولية أكبر من (جـ١) ؛

فتؤخذ عينة ثانية وتفحص ، وفى ضوء نتائج العينتين يتم اتخاذ القرار بقبول الوجبة أو رفضها ؛ فإذا كان عدد الوحدات التالفة فى العينتين أقل من عدد القبول التراكمى (جـ٢) تقبل الوجبة ، أما إذا كان أكبر من (ج ٢) فترفض الوجبة . إذن فإن خطة المعاينة الثنائية عملية ذات مرحلتين فى الأولى تؤخذ العينة الأصغر لتنتج قرار القبول أو الرفض ، وفى حالة الرفض يتم اللجوء إلى عينة ثانية أكبر ، وبعد القياس فإن عدد القبول المتراكم يستخدم لاتخاذ قرار القبول أو الرفض . ولتوضيح عدد القبول التراكمى فى المعاينة الثانية ؛ نشير إلى أن العينة الأولية (ن١) التى تؤخذ فى المرحلة الأولى تكون أصغر حجمًا من العينة الثانية (ن٢) . ولنفرض أن معيار القبول (جـ١=٢) والعينة الثانية تكون أكبر من الأولى (ن٢ > ن١) ، ولنفرض أيضًا أن معيار القبول هو (جـ٢=٥) فى هذه الحالة إذا كان عدد الوحدات التالفة فى العينة الأولية هو اثنين أو أقل فإن الوجبة تقبل . وإذا كان عدد الوحدات التالفة أكبر من (٥) ، أى من عدد القبول التراكمى (جـ٢=٥) فإن الوجبة ترفض . أما إذا كان عدد الوحدات التالفة أكبر من (٢) وأصغر من (٥) : فإن العينة الثانية (ن٢) ، تؤخذ ، فإذا كان العدد الكلى من الوحدات التالفة فى كلتا العينتين أقل من أو يساوى عدد القبول التراكمى (جـ٢=٥) ؛ فإن الوجبة تقبل أما إذا كان أكبر من (٥) فإن الوجبة ترفض .

جـ - خطة المعاينة المتعددة (Multiple Sampling Plan) : تمثل توسيعًا لاحقًا للمعاينة الثنائية ؛ وذلك بأخذ عدة عينات صغيرة من الوجبة ويكون عدد القبول التراكمى هو الأساس فى قرار القبول أو الرفض ، وفى أى عينة من هذه العينات يكون عدد الوحدات التالفة أقل أو يساوى عدد القبول التراكمى تقبل الدفعة وفى حالة أكبر من عدد القبول تؤخذ عينات أخرى حتى الوصول إلى عدد العينات المحدد لترفض هذه الوجبة ، والواقع أن خطة المعاينة المتعددة تكون مرهقة فى التصميم والتنفيذ والفهم : لهذا فإنها أقل استخدامًا فى التطبيقات الصناعية لتظل خطة المعاينة المنفردة هى الأكثر استخدامًا .

إن اختيار خطة المعاينة يعتمد على اعتبارين أساسيين هما : حجم العينة (أكبر حجم فى المعاينة المنفردة) وعدد العينات (أكبر عدد فى المعاينة المتعددة) ، إلا أن الكلفة تظل محدداً أساسياً فى اختيار خطة المعاينة الملائمة . فعندما تكون كلفة العينة أو الحصول عليها عالية نسبياً ؛ فإن خطة المعاينة المنفردة تكون بدرجة أكبر أما فى الحالات التى تكون فيها كلفة الفحص والتحليل عالية نسبياً ؛ فيكون من الأفضل اعتماد المعاينة الثنائية أو المتعددة ؛ لأن مجموع وحدات العينات يكون فى المتوسط أقل من عدد وحدات العينة المنفردة . مع ملاحظة أن خطة المعاينة المنفردة هى الأكثر استخداماً وعلى نطاق واسع فى الشركات الصناعية .

١٤-١٠- منحنى خصائص التشغيل :

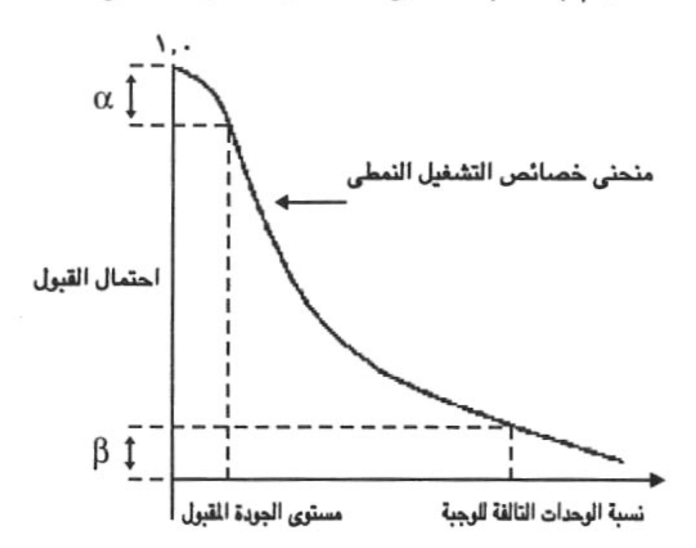
من الضرورى فى خطة المعاينة معرفة كيف يمكن التمييز بين الوجبة ذات الجودة العالية والوجبة ذات الجودة الرديئة ، وهذا ما يمكن تمييزه من خلال منحنى خصائص التشغيل (Operating Characteristic Curve) . ففى الوجبات الكبيرة فإن قرار القبول أو الرفض يتخذ بالاعتماد على معلمات خطة المعاينة المتمثلة بحجم العينة (ن) ونسبة الوحدات التالفة المسموحة أو عدد القبول (جـ) . وبتحديد (ن) و (جـ) يتحدد منحنى خصائص التشغيل الذى يمكن تعريفه بأنه أداة قياسية للتمييز بين الوجبات ذات الجودة العالية وذات الجودة الرديئة بالاعتماد على معلمات خطة المعاينة (ن) و (جـ) ، فعند اختلاف (ن) أو (جـ) أو كليهما ؛ يختلف منحنى خصائص التشغيل تبعاً لذلك .

وهناك أربعة مصطلحات تستخدم فى منحنى خصائص التشغيل ، هى :

- مستوى الجودة المقبول (Acceptable Quality Level) أو الجودة العالية ، ونرمز له بالحرف (و) .
- نسبة الوحدات التالفة المسموحة للوجبة (Lot Tolerance Percent Defective) ، ونرمز لها بالحرف (ف) .
- مخاطرة المنتج أو ألفا (α) وهى احتمال رفض الوجبة رغم أنها ذات جودة عالية .
- مخاطرة المستهلك أو بيتا (β) وهى احتمال قبول الوجبة رغم أنها ذات جودة رديئة .

إن الشكل رقم (١٤-٨) يتضمن منحنى خصائص التشغيل النمطى . ويلاحظ من الشكل أن منحنى خصائص التشغيل النمطى لخطة المعاينة المنفردة يظهر احتمال ألفا(α) لرفض الوجبة ذات الجودة العالية (مخاطرة المنتج) واحتمال بيتا (β) لقبول الوجبة ذات الجودة الرديئة (مخاطرة المستهلك) . ويلاحظ من الشكل أيضًا أن هناك علاقة عكسية بين كسر التلف (Fraction Defective) واحتمال القبول . فعندما يزداد كسر التلف نجد أن احتمال القبول ينخفض ، ومع ذلك فإن العلاقة ليست خطية فمثلاً إذا كان حجم العينة (ن=١٠٠وحدة) وعدد القبول (جـ=٣) وكان كسر التلف (٠,٠١) ، فإن احتمال القبول يكون (٠,٩٨١) ، وإذا ازداد كسر التلف إلى (٠,٠٥) فإن احتمال القبول ينخفض إلى (٠,٢٦٥) ومن المهم ملاحظة أنه حتى لو كان احتمال القبول منخفضًا ؛ فمن الممكن أن تكون الوجبة مقبولة .

الشكل رقم (١٤-٨) : منحنى خصائص التشغيل النمطى



كسر التلف

هذا هو النوع الثانى من الخطأ أو مخاطرة المستهلك (وهى احتمال قبول الوجبة رغم أنها ذات جودة رديئة) . وبالعكس فإن الوجبة التى يكون فيها احتمال القبول كبيراً فمن الممكن أن تكون مرفوضة . وهذا هو النوع الأول من الخطأ أو مخاطرة المنتج (وهى احتمال رفض الوجبة رغم أنها ذات جودة عالية) ، وهذا كله يعنى أن خطة المعاينة لا توفر تمييزاً كاملاً بين الوجبات ذات الجودة العالية وذات الجودة الرديئة .

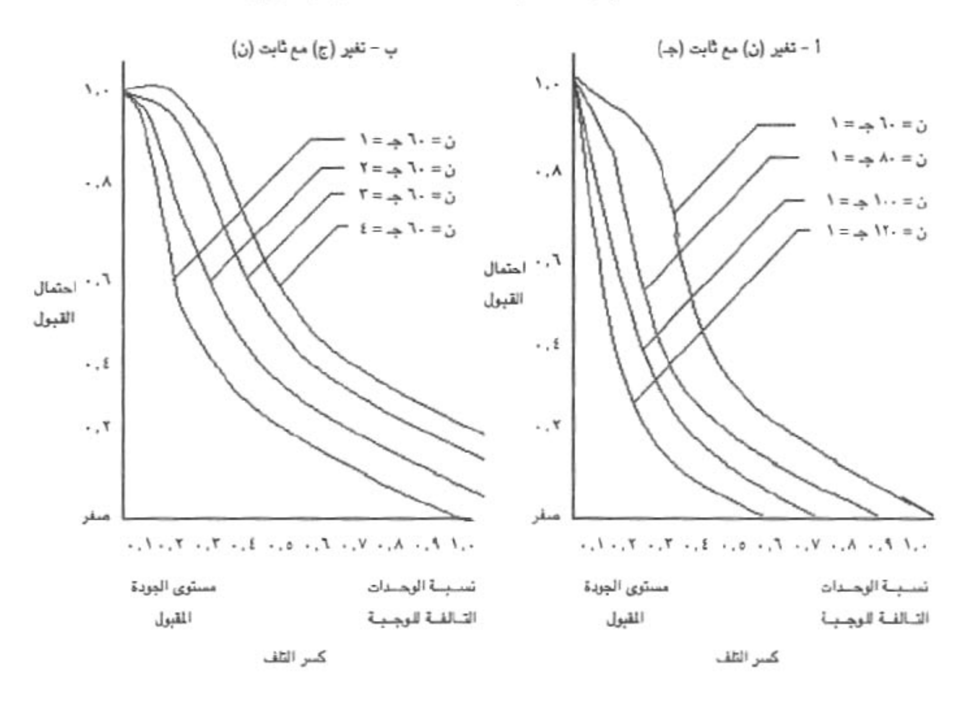
لاشك فى أن بالإمكان التخلص من مخاطرة المنتج ومخاطرة المستهلك ؛ وذلك باستخدام الفحص بالكامل (١٠٠٪) لوحدات الوجبة ، وبهذه الطريقة تستبعد جميع الوحدات التالفة . ومع ذلك قد تظل نسبة ضئيلة من الوحدات التالفة تمر بسبب الخطأ أو عدم انتباه القائم بالفحص . وإذا كان الفحص بالكامل يساهم فى تمييز الوجبات ذات الجودة العالية والجودة الرديئة ؛ فإنه يتطلب وقتًا طويلاً وكلفة عالية ، إضافة إلى الاختبار التدميرى لبعض المنتجات ؛ لهذا يتم اللجوء إلى خطة المعاينة مع استخدام منحنى خصائص التشغيل لتحسين التمييز بين الجودة العالية والجودة الرديئة . وتحدد عادة نسبة الوحدات التالفة بين (٢-٥٪) ، وهذا الرقم معروف كمستوى الجودة المقبول . وبسبب المعاينة العشوائية ؛ فإن المستهلك يدرك أن بعض الوجبات قد تتضمن فعليًا أكبر من هذه النسبة من الوحدات التالفة ، وتكون الوجبة مقبولة (مخاطرة المستهلك) وبالعكس بالنسبة لمخاطرة المنتج .

إن خطط المعاينة عادة ما تصمم على أن تكون مخاطرة المنتج (٥٪) ومخاطرة المستهلك (١٠٪) ، مع أن هناك تناسبات أخرى تستخدم مع الاستعانة بالجداول القياسية ومنحنى خصائص التشغيل بالاعتماد على حجم العينة (ن) وعدد القبول (جـ) . وأن المديرين يستخدمون حجم العينة (ن) وعدد القبول (جـ) فى التأثير فى احتمال قبول الوجبة أو رفضها ، ويمكن الإشارة فى هذا المجال إلى قاعدتين يمكن أن يستفيد منهما المديرون هما :

١ - إن زيادة حجم العينة (ن) مع بقاء عدد القبول (جـ) ثابتًا ؛ تؤدى إلى زيادة مخاطرة المنتج (α) وانخفاض مخاطرة المستهلك (β) . والشكل رقم (١٤-٩-أ) يوضح هذه القاعدة .

٢ ـ إن زيادة عـدد القـبـول (جـ) مع ثبـات حـجم العـينة (ن) : تؤدى إلى انخـفـاض مـخـاطرة المنتج وزيـادة مـخـاطرة المستـهلك . يوضـح الشـكل رقـم (١٤-٩-ب) هذه القاعدة .

الشكل رقم (١٤-٩) : تأثير تغيرات (ن) و(ج)



١٤-١١-إعداد منحنى خصائص التشغيل :

إن اختيار مستوى الجودة المقبول (AQL) ، وبالتالى نسبة الوحدات التالفة للوجبة (LTPD) يعتمد على قرار الإدارة ، وفى ضوء ذلك القرار يتم تصميم خطة المعاينة المرغوبة . وفى خطة المعاينة المنفردة يكون توزيع المعاينة هو التوزيع ثنائى الحدين ؛ لأن كل وحدة من وحدات العينة التى يتم فحصها هى إما جيدة (نجاح) أو رديئة (إخفاق) . وفى حالة كون العينة المأخوذة من الوجبة أكبر من (٢٠) وحدة ونسبة

الوحدات التالفة للوجبة أقل من (٥٪) ، يمكن استخدام توزيع بواسون كتقريب للتوزيع ثنائي الحدين . وفى مثل هذه الحالة يمكن تحقيق ميزة مهمة تتمثل فى إمكانية استخدام الجداول القياسية لاحتمالات بواسون التراكمية التى تستخدم فى حساب احتمال القبول ، وكذلك قيم ألفا (α) وبيتا (β) فى الطريقة الجدولية ، أو باستخدام المخطط البيانى لمنحنيات توزيع بواسون فى الطريقة البيانية . ويمكن استخدام كلتا الطريقتين فى إعداد منحنى خصائص التشغيل .

أولاً : الطريقة الجدولية

فى هذه الطريقة يستخدم جدول قياسى لاحتمالات بواسون التراكمية كما فى الملحق (د) . فعند تحديد حجم العينة (ن) وعدد القبول (جـ) ومستوى الجودة المقبول (و) ونسبة الوحدات التالفة للوجبة (ف) وكلاهما يقعان على محور كسر التلف (ح) – فبالإمكان تحديد قيمة (ن ح) التى نستخدمها لإيجاد احتمال القبول (ح ق) المناظر لقيمة (جـ) فى الملحق (د) . ولاحتساب احتمال القبول يمكن اتباع الخطوات التالية :

١ ـ اضرب (ح) بحجم العينة (ن) فنحصل على (ح ن) .

٢ ـ أوجد قيمة (ن ح) فى العمود الأيسر من الملحق (د) .

٣ ـ تحرك إلى اليمين للوصول إلى العمود المناظر لعدد القبول (جـ) .

٤ ـ سجل قيمة احتمال القبول (ح ق) .

ويوضح المثال (١٤–٢) استخدام هذه الطريقة :

مثال (١٤–٢) :

تتلقى شركة الخليج التجارية شحنات من الحقائب ، مقدار كل شحنة (٨٠٠) حقيبة . وكانت الشركة تعتمد خطة المعاينة الآتية :

ن = ٥٠

ج = ٢

مستوى الجودة المقبول (و) =٠٫٠٢ .

نسبة الوحدات التالفة للوجبة (ف) = ٠٫٠٨ .

المطلوب : إعداد منحنى خصائص التشغيل لهذه الخطة مع احتساب مخاطرة المنتج ومخاطرة المستهلك .

الحـــل : ١ ـ احتساب ن ح = ٥٠ × ٠,٠٢ = ١,٠

٢ ـ تحديد احتمال القبول من الملحق (د) بإيجاد قيمة (١,٠) فى العمود الأيسر والتحرك إلى اليسار إلى العمود الثالث ، وهو ما يناظر عدد القبول (٢) ؛ حيث نجد أن احتمال القبول (ح ق) (٠,٩٢٠) .

٣ ـ احتساب مخاطرة المنتج (α)

(α) = ١ − ٠,٩٢٠ = ٠,٠٨٠

٤ ـ احتساب مخاطرة المستهلك (β) :

= ٥٠ × ٠,٠٨ = ٤,٠

إيجاد قيمة (ح ن=٤) من الملحق (د) ؛ فنجد أن القيمة هى (٠,٠٩٢) إذن :

= ٠,٠٩٢

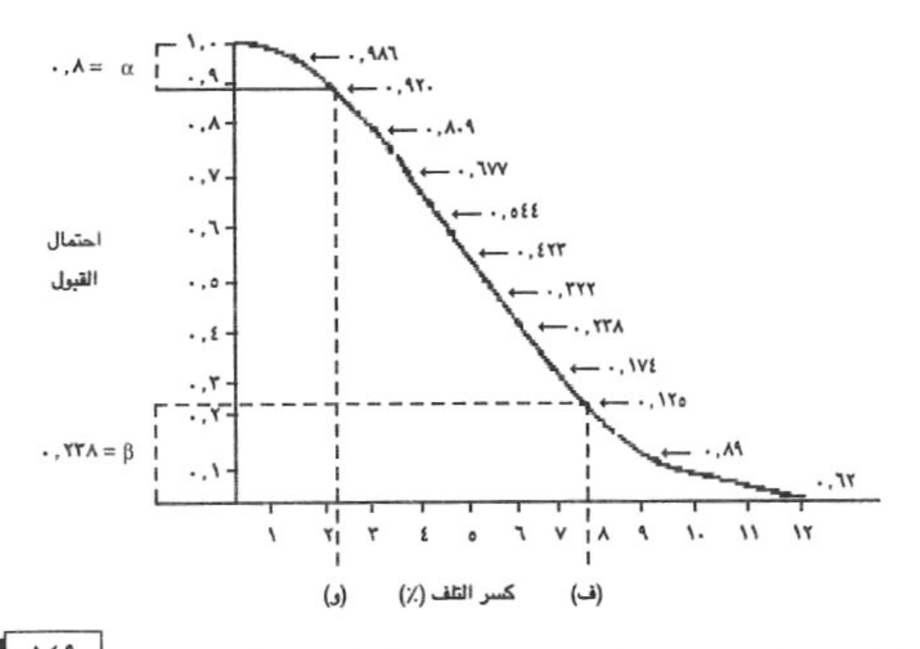
٥ ـ نقوم باحتساب القيم الباقية لمنحنى خصائص التشغيل . ويوضح الجدول أدناه هذه القيم :

قيم منحنى خصائص التشغيل عندما (ن=٥٠) و (جـ=٢) .

كسر التلف (ح)	ن ح	احتمال القبول (احتمال التلف ≤ ٢)	
٠,٠١	٠,٠٥	٠,٩٨٦	
٠,٠٢	١,٠	٠,٩٢٠	← α = ١ − ٠,٩٢٠ = ٠,٠٨
٠,٠٣	١,٥	٠,٨٠٩	
٠,٠٤	٢,٠	٠,٦٧٧	
٠,٠٥	٢,٥	٠,٥٤٤	← متوسط = ٠,٥٧٠ + ٠,٥١٨ / ٢
٠,٠٦	٣,٠	٠,٤٢٣	
٠,٠٧	٣,٥	٠,٣٢٢	← متوسط = ٠,٣٤٠ + ٠,٣٠٣ / ٢
٠,٠٨ (ف)	٤,٠	٠,٢٣٨	β = ٠,٢٣٨
٠,٠٩	٤,٥	٠,١٧٤	← متوسط = ٠,١٨٥ + ٠,١٦٣ / ٢
١,٠	٥,٠	٠,١٢٥	
١,١	٥,٥	٠,٨٩	← متوسط = ٠,٩٥ + ٠,٨٢ / ٢
١,٢	٦,٠	٠,٩٢	

يلاحظ من الجدول السابق أن بعض قيم (ن ح) احتسبت كمتوسط كما هو الحال فى قيم (ن ح) التى تساوى (٢,٥) و(٣,٥) و(٤,٥) و(٥,٥) ، وهذا يعود إلى أن جدول احتمالات بواسون التراكمية لا يتضمن هذه القيم ، فمثلاً القيمة (ن ح=٢,٥) لا توجد : لهذا أخذنا متوسط قيمتين (ن ح=٢,٤) و(ن ح=٢,٦) .

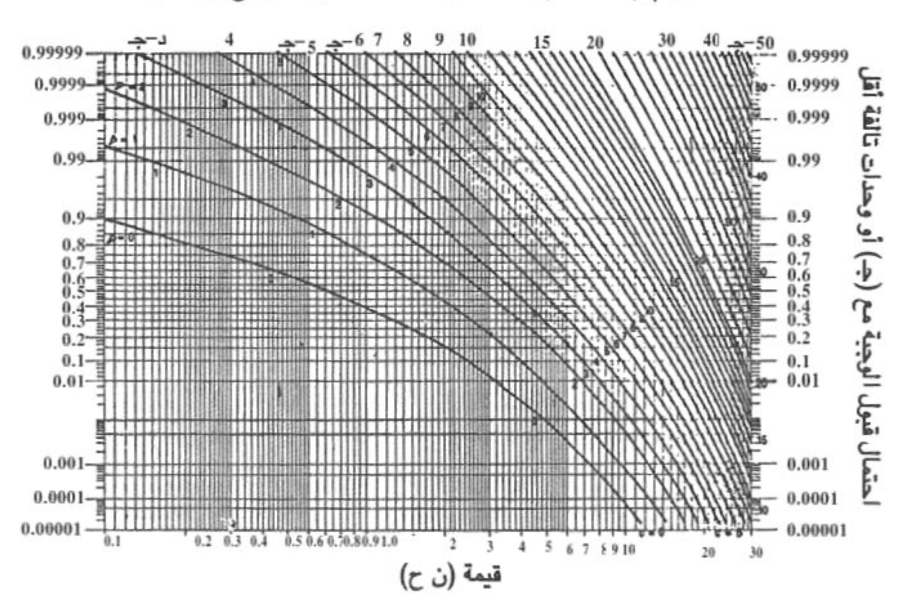
٦ - القيام برسم منحنى خصائص التشغيل لخطة المعاينة المنفردة ذات (ن=٥٠) و (جـ=٢) . يلاحظ من الشكل أن مخاطرة المنتج (٠,٠٨) ومخاطرة المستهلك (٠,٢٣٨) وكلتاهما أعلى من القيم المقبولة عادة فى مثل هذه الخطط وهى (٠,٠٥) لمخاطرة المنتج و(٠,١٠) لمخاطرة المستهلك .



ثانيًا : طريقة المخطط البيانى لمنحنيات توزيع بواسون

فى هذه الطريقة يستخدم المخطط البيانى لمنحنيات توزيع بواسون (الشكل رقم ١٤-١٠) لاحتساب احتمال القبول ، ومن ثم مخاطرة المنتج (α) ومخاطرة المستهلك (β) وإعداد منحنى خصائص التشغيل .

الشكل رقم (١٤-١٠) : المنحنيات الاحتمالية لتوزيع بواسون



ولإعداد منحنى خصائص التشغيل ومخاطرة المنتج (α) ومخاطرة المستهلك (β) من هذه البيانات نقوم بالخطوات الآتية :

١ ـ اضرب (ح) بحجم العينة (ن) فنحصل على (ن ح) :

ن ح =٥٠ _ ٠,٠٢ = ١,٠

٢ ـ أوجد قيمة (ن ح=١,٠) عند قاعدة المخطط التى تمثل قيم (ن ح) ؛ وتحرك من هذه القيمة إلى الأعلى بخط مستقيم ؛ حتى يتم الوصول إلى منحنى عدد القبول (جـ=٢) . وفى مثالنا يمثل هذا المنحنى المنحنى الثالث من الأسفل .

٣ ـ تحرك من منحنى عدد القبول (جـ=٢) أفقيًا لتحديد احتمال القبول ، حيث يلاحظ أن احتمال القبول هو ٠,٩٢ .

٤ ـ احسب مخاطرة المنتج (α)

α = ١ − ٠,٩٢ = ٠,٠٨

وبنفس الخطوات نحسب مخاطرة المستهلك . والمثال (١٤−٣) يوضح استخدام هذه الطريقة بشكل أوسع .

المثال (١٤−٣) :

الشركة العربية لصناعة الأدوية تسعى لإعداد منحنى خصائص التشغيل لخطة المعاينة المنفردة ، حيث حجم العينة ن=٢٥ وعدد القبول جـ=٣ .

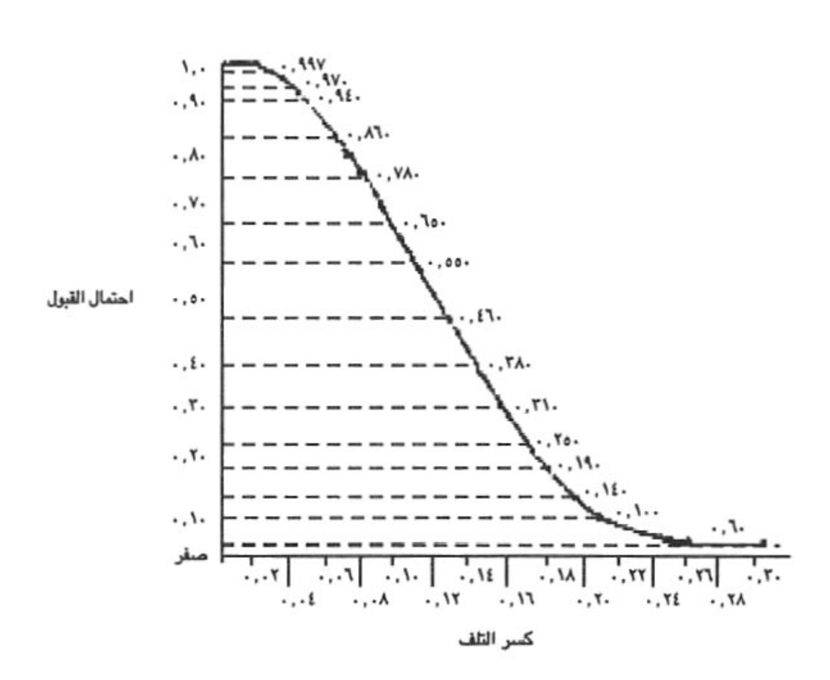
المطلوب : احتساب احتمال القبول (ح ق) عندما تكون قيم كسر التلف (ح) = (٠,٠٢ ، ٠,٠٤ إلى ٠,٣٠) وإعداد منحنى خصائص التشغيل لخطة المعاينة المنفردة .

الحـــل : باستـخـدام المخطط فى الشكل رقم (١٤−١٠) يمكن التـوصل إلى بيـانات الجدول الآتى باستخدام نفس الخطوات التى سبق توضيحها .

ح	ن	ن ح	ح ق
٠,٠٢	٢٥	٠,٥٠	٠,٩٩٧
٠,٠٤	٢٥	١,٠٠	٠,٩٧٠
٠,٠٦	٢٥	١,٥٠	٠,٩٤٠
٠,٠٨	٢٥	٢,٠٠	٠,٨٦٠
٠,١٠	٢٥	٢,٥٠	٠,٧٨٠
٠,١٢	٢٥	٣,٠٠	٠,٦٥٠
٠,١٤	٢٥	٣,٥٠	٠,٥٥٠
٠,١٦	٢٥	٤,٠٠	٠,٤٦٠

ح	ن	ن ح	ح
٠,١٨	٢٥	٤,٥٠	٠,٣٨٠
٠,٢٠	٢٥	٥,٠٠	٠,٣١٠
٠,٢٢	٢٥	٥,٥٠	٠,٢٥٠
٠,٢٤	٢٥	٦,٠٠	٠,١٩٠
٠,٢٦	٢٥	٦,٥٠	٠,١٤٠
٠,٢٨	٢٥	٧,٠٠	٠,١٠٠
٠,٣٠	٢٥	٧,٥٠	٠,٠٦٠
—	—	—	—

وفى ضوء بيانات الجدول يمكن رسم منحنى الخصائص العملية لخطة المعاينة التى فيها حجم العينة ن=٢٥ ، وعدد القبول جـ=٣ وكما مبين فى الشكل أدناه .



١٤-١٢- الرقابة على العملية :

فى الرقابة على المدخلات والمخرجات تستخدم معاينة القبول التى سبق عرضها . وفى الرقابة على العمليات الصناعية يتم الاعتماد على الرقابة أو الرقابة على العملية . وتمكن الرقابة على العملية من التأكد من أن المخرجات المستقبلية مقبولة ، ويتم هذا بأخذ عينات دورية من مخرجات العملية من أجل تقييمها . وأن الأداة الأساسية فى عمليات التقييم هى مخططات الرقابة ؛ فإذا كانت المخرجات مقبولة يسمح للعملية بالاستمرار . أما إذا كانت المخرجات غير مقبولة ؛ فإن هذا يعنى أن العملية خارج الرقابة ؛ مما يتطلب القيام بالنشاط التصحيحى .

إن المراحل الأساسية فى عملية الرقابة على العملية هى :

١ـ تحديد ما سيكون خاضعًا للرقابة على الجودة سواء كخصائص كالوزن ، الطول أو عدد التوالف .

٢ ـ القيام بالقياس حيث الخصائص يجب أن تكون قابلة للقياس والتوالف قابلة للعد والإحصاء .

٣ ـ وضع المعيار القياسى الذى على أساسه يتم قبول ما هو ضمن الحدود المسموحة ، أى ما هو تحت الرقابة ورفض ما هو خارج الحدود المسموحة للمعيار أو خارج الرقابة .

٤ ـ التقييم وذلك بأخذ عينة من وجبة الإنتاج ومقارنة خصائصها الفعلية أو عدد التوالف فيها مع المعيار القياسى .

٥ ـ القيام بالنشاط التصحيحى فعندما تكون نتيجة التقييم هى وجود انحراف خارج الحدود المسموحة ؛ يكون ضروريًا معرفة الأسباب المؤدية لذلك واتخاذ إجراءات المعالجة للأسباب وإعادة العملية لتكون تحت الرقابة .

٦ ـ تقييم النشاط التصحيحى ؛ وذلك للتأكد من أن العملية مستمرة تحت الرقابة .

ولابد من التأكيد على أن هناك قدرًا من الانحراف أو التغير لايمكن تجنبه ، ويكون متلازمًا فى العمليات ؛ لهذا يعتبر هذا التغير عشوائيًا ويكون مسموحًا فى مخططات الرقابة مادام ضمن الحد الأعلى والحد الأدنى لهذه المخططات ؛ ولتوضيح ذلك من الضرورى التمييز بين نوعين من التغيرات هما :

النوع الأول : التغيرات المتلازمة للعملية وهى انحرافات عشوائية لايمكن تجنبها وتحدث بفعل عوامل صغيرة غير قابلة للتمديد ، وبالتالى من غير الممكن خفضها بشكل اقتصادى ؛ لهذا يتم قبولها كنتيجة للتغير العشوائى أو الصدفى ، وفى الرقابة على الجودة فإن العملية التى تظهر انحرافًا عشوائيًا تكون إحصائيًا تحت الرقابة .

النوع الثانى : التغيرات غير العشوائية وهى الانحرافات القابلة للتحديد والتى تحدث لأسباب يمكن تجنبها مثل : حالة عدم استعمال الأدوات ، المعدات

بحاجة إلى تعديل ، المواد التالفة ، التعب والملل ونقص المهارة كعوامل إنسانية . وفى الرقابة على الجودة فإن العملية التى تظهر انحرافًا غير عشوائى تكون إحصائيًا خارج الرقابة .

١٤-١٣- مخططات الرقابة :

إن هدف الرقابة على العملية هو التمييز بين النوعين من الانحرافات العشوائية وغير العشوائية ، وإن الأداة المستخدمة فى ذلك هى مخططات الرقابة . ويمكن تعريف مخططات الرقابة ، بأنها أدوات بيانية تستخدم لتمييز التغيرات العشوائية وغير العشوائية فى مخرجات العملية . والمخططات من حيث الشكل متشابهة : حيث تتكون من خط المركز ، وهو يمثل متوسط العملية وخطين الأول هو الخط الأعلى الذى يمثل حد الرقابة الأعلى ، والخط الأسفل الذى يمثل حد الرقابة الأدنى ، وهذان الحدان يمثلان مدي التغير في خصائص المنتوج عندما تكون العملية الصناعية تحت الرقابة ، وعندما يكون التغير فى هذه الخصائص خارج هذا المدى : فإن العملية الصناعية تكون أيضًا خارج الرقابة . إن الخصائص التى يتم تقييمها للتأكد من الرقابة على العملية بواسطة مخططات الرقابة تصنف إلى نوعين أساسيين هما ، الأول : المتغيرات والتى يمكن أن تظهر بدرجات مختلفة مثل الطول والوزن والسمك . وهذه يمكن قياسها أو تقريبها باستخدم التوزيع الطبيعى . والثانى : الخصائص التمييزية والتى يكون تقييمها بأسلوب العد والإحصاء بصيغة تالف / غير تالف أو مقبول / غير مقبول ، مثلاً عند فحص المصابيح والبطاريات الجافة والمضخات الكهربائية . وهذه يتم تقييمها عن طريق العد للوحدات التالفة (إخفاق) وغير تالفة (نجاح) : لهذا يكون توزيعها توزيعًا ثنائى الحدين . وهناك أربعة مخططات للرقابة هى الأكثر استخدامًا وشيوعًا : اثنان منها يتعلقان بالرقابة على المتغيرات . واثنان للرقابة على الخصائص التمييزية .

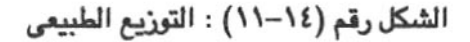
١٤-١٤ - مخططات الرقابة على المتغيرات :

عندما يكون حجم المخرجات كبيرًا ؛ فمن الطبيعى أن نلجأ إلى أخذ عينات منها ؛ من أجل التأكد من كون العملية الصناعية تحت الرقابة . ولابد من مراعاة شروط أساسية فى اختيار وتحديد العينة ، ومنها شرط العشوائية الذى يعنى أن كل وحدة من مخرجات العملية تكون لها فرصة متساوية فى الاختيار ضمن العينة بغض النظر عن ظهور الوحدة أو موقعها . إن أية عينة من مخرجات العملية لها متوسط وانحراف معيارى ومدى . وهذه المقاييس الثلاثة يمكن استخدامها فى مخطط الرقابة لأى متغير كالطول والوزن وغيرها . ونعرض فيما يأتى لمخططات الرقابة على المتغيرات :

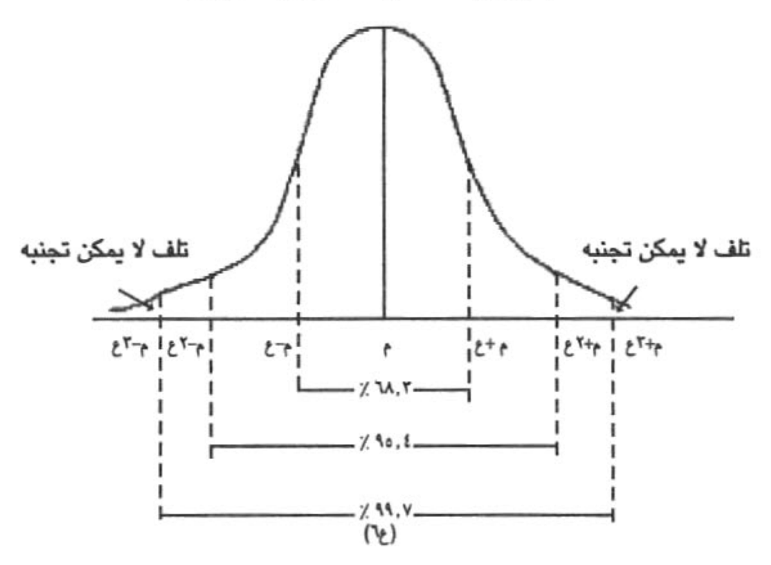
أولا : مخطط الرقابة للمتوسطات

إن مخطط الرقابة للمتوسطات (Control Chart for Means) ويدعى أيضًا مخطط (س) (X-Chart) ، يستخدم من أجل التأكد من أن متوسطات العينات المأخوذة من مخرجات العملية تقع ضمن الحدود المسموحة ، أى ضمن حدود الرقابة . ومن أجل التنبؤ بأداء العملية من خلال تفسير مخطط الرقابة للمتوسط نستخدم نظرية الحد المركزى التى تنص على أن توزيع متوسطات العينات المأخوذة من العملية سيكون طبيعيًا (إذا كان التوزيع بالأصل طبيعيًا) ، أو سيكون تقريبًا طبيعيًا (إذا لم يكن التوزيع طبيعيًا) . وباستخدام التوزيع الطبيعى القياسى يمكن عمل التنبؤات حول الرقابة أو الرقابة على العملية ، حيث يمكن تحديد الحدود التى يمكن لبعض الخصائص أن تتغير ضمنها .

ويوضح الشكل رقم (١٤-١١) أن التوزيع الطبيعى يأخذ شكلاً نظاميًا يشبه الناقوس أو الجرس ، له قمة واحدة ويمتد طرفاه إلى ما لانهاية بمحاذاة المحور الأفقى . ويلاحظ أن هناك أمداء معينة للتوزيع الطبيعى تحدد نسب القيم التى تقع ضمنها . فإذا أخذنا المتوسط (م) ± انحرافًا معياريًا واحدًا (ع) ؛ فإن حدود الرقابة تكون بنسبة (٦٨,٣٪) ، أى أن احتمال أن تكون العملية تحت الرقابة هو (٦٨,٣٪) وخارج الرقابة (٣١,٠٪) ، وتتزايد حدود الرقابة حتى تصل إلى (٩٩,٧٪) عند المتوسط (± ٣ع) انحرافات معيارية . وهذا يعنى أن احتمال أن تكون العملية خارج الرقابة هو (٠,٣٪) .



الشكل رقم (١٤-١١) : التوزيع الطبيعى



إن مخطط (س) يمكن إعداده باستخدم الطريقة الجدولية (Tabular Method) ؛ حيث تؤدى هذه الطريقة إلى تبسيط عملية إعداد المخطط وتقليص العمليات الحسابية . فعندما تكون بيانات العملية موزعة توزيعًا طبيعيًا فمن الممكن استخدام جدول قياسى بدلاً من المعادلات الخاصة باحتساب الانحراف المعيارى والخطأ المعيارى .

إن الطريقة الجدولية تستخدم مدى العينات (المدى هو الفرق الحسابى بين أعلى قيمة وأدنى قيمة فى العينة) لقياس قابلية التغير فى العملية . وفى هذه الطريقة لابد من احتساب متوسط أمداء العينات (ى) (مجموع أمداء العينات مقسومًا على عدد العينات) مع الاستعانة بالقيم الجدولية للعامل (أ ٢) الذى تتغير قيمته حسب عدد وحدات العينة كما يتضح ذلك فى الجدول رقم (١٤-١٢) . ويمكن احتساب الحد الأعلى والحد الأدنى لمخطط الرقابة وفق هذه الطريقة باستخدام المعادلتين الآتيتين :

حد الرقابة الأعلى للمتوسطات = س + أ ٢ (ى) .... (١٤-١)

حد الرقابة الأدنى للمتوسطات = س - أ ٢ (ى) .... (١٤-٢)

حيث إن س = متوسط متوسطات العينات .

الجدول رقم (١٤-١٢) : عوامل مخططات الرقابة للمتوسط والمدى

حجم العينة ن	قيمة أ $_{٢}$ لمخطط الوسط	العوامل لمخطط المدى (ى)	
		د $_{٣}$ لحد الرقابة الأدنى	د $_{٤}$ لحد الرقابة الأعلى
٢	١,٨٨	صفر	٣,٢٧
٣	١,٠٢	صفر	٢,٥٧
٤	٠,٧٣	صفر	٢,٢٨
٥	٠,٥٨	صفر	٢,١١
٦	٠,٤٨	صفر	٢,٠٠
٧	٠,٤٢	٠,٠١	١,٩٢
٨	٠,٣٧	٠,١٤	١,٨٦
٩	٠,٣٤	٠,١٨	١,٨٢
١٠	٠,٣١	٠,٢٢	١,٧٨
١١	٠,٢٩	٠,٢٦	١,٧٤
١٢	٠,٢٧	٠,٢٨	١,٧٢
١٣	٠,٢٥	٠,٣١	١,٦٩
١٤	٠,٢٤	٠,٣٣	١,٦٧
١٥	٠,٢٢	٠,٣٥	١,٦٥
١٦	٠,٢١	٠,٣٦	١,٦٤
١٧	٠,٢٣٠	٠,٣٨	١,٦٢
١٨	٠,١٩	٠,٣٩	١,٦١
١٩	٠,١٩	٠,٤٠	١,٦٠
٢٠	٠,١٨	٠,٤١	١,٥٩

مثال (١٤-٤) :

لقد توفرت البيانات الآتية عن أوزان أحد المنتجات فى (١٢) عينة مأخوذة من مخرجات عملية التعبئة لمادة كيمياوية . وكانت كل عينة مكونة من (٥) منتجات من مخرجات العملية وكانت إدارة العمليات تستخدم مستوى الثقة (٩٩,٧٪) .

العينات	أوزان الوحدات (غم)				
	١	٢	٣	٤	٥
١	٢٧,١	٢٧,٨	٢٧,٦	٢٧,١	٢٨,٤
٢	٢٨,٥	٢٨,٤	٢٧,١	٢٨,٣	٢٨,٥
٣	٢٨,٨	٢٧,٩	٢٨,١	٢٦,٥	٢٨,٢
٤	٢٨,٣	٢٧,٣	٢٧,٦	٢٧,٣	٢٧,٣
٥	٢٨,٠	٢٨,٤	٢٧,١	٢٧,٩	٢٧,٦
٦	٢٨,٤	٢٧,٣	٢٨,٢	٢٨,٥	٢٨,٢
٧	٢٧,٨	٢٨,٢	٢٧,١	٢٨,٤	٢٧,٨
٨	٢٧,١	٢٧,٢	٢٨,٣	٢٧,٤	٢٧,٣
٩	٢٧,٧	٢٧,٦	٢٨,٥	٢٧,٨	٢٧,١
١٠	٢٧,٣	٢٧,٤	٢٧,٣	٢٧,٥	٢٧,٤
١١	٢٨,٣	٢٧,٢	٢٨,٤	٢٨,٣	٢٨,٥
١٢	٢٨,٦	٢٧,١	٢٧,٩	٢٧,٩	٢٧,٦

المطلوب : ١ ـ احتساب حدى مخطط الرقابة للمتوسطات .

٢ ـ الرسم البيانى لمخطط الرقابة للمتوسطات وتوزيع متوسطات العينات عليه .

الحـــل : ١ ـ احتساب أمداء العينات كما فى الجدول أدناه . فمثلاً إن مدى العينة (١) يحسب كفرق بين أعلى قيمة فى تلك العينة (٢٨,٤) وأدنى قيمة (٢٧,١) .

العينات	أوزان الوحدات (غم)					مدى العينة	متوسط العينة
	١	٢	٣	٤	٥	(ى)	(س)
١	٢٧,١	٢٧,٨	٢٧,٦	٢٧,١	٢٨,٤	١,٣	٢٧,٦٠
٢	٢٨,٥	٢٨,٤	٢٧,١	٢٨,٣	٢٨,٥	١,٤	٢٨,١٦
٣	٢٨,٨	٢٧,٩	٢٨,١	٢٦,٥	٢٨,٢	٢,٣	٢٧,٩٠
٤	٢٨,٣	٢٧,٣	٢٧,٦	٢٧,٣	٢٧,٣	١,٠	٢٧,٥٦
٥	٢٨,٠	٢٨,٤	٢٧,١	٢٧,٩	٢٧,٦	١,٣	٢٧,٨٠
٦	٢٨,٤	٢٧,٣	٢٨,٢	٢٨,٥	٢٨,٢	١,٢	٢٨,١٨
٧	٢٧,٨	٢٨,٢	٢٧,١	٢٨,٤	٢٧,٨	١,٣	٢٧,٨٦
٨	٢٧,١	٢٧,٢	٢٨,٣	٢٧,٤	٢٧,٣	١,٢	٢٧,٤٦
٩	٢٧,٧	٢٧,٦	٢٨,٥	٢٧,٨	٢٧,١	١,٤	٢٧,٧٤
١٠	٢٧,٣	٢٧,٤	٢٧,٣	٢٧,٥	٢٧,٤	٠,٢	٢٧,٣٨
١١	٢٨,٣	٢٧,٢	٢٨,٤	٢٨,٣	٢٨,٥	١,٣	٢٨,١٤
١٢	٢٨,٦	٢٧,١	٢٧,٩	٢٧,٩	٢٧,٦	١,٥	٢٧,٨٢
المجموع						١٥,٤	٣٣٣,٦

٢ ـ احتساب متوسط أمداء العينات (ى) :

$$ى = \frac{١٥,٤}{١٢} = ١,٢٨$$

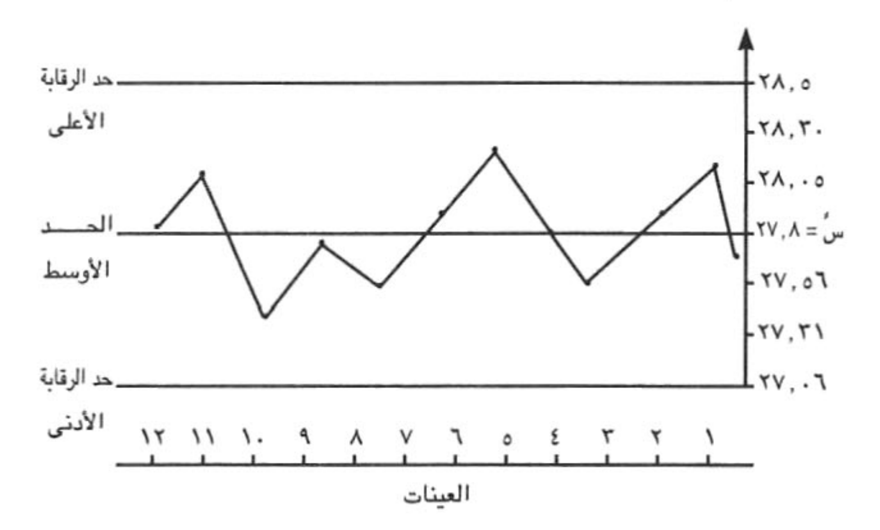
٣ ـ احتساب (س) = $\frac{\text{مج س}}{\text{عدد العينات}}$ = $\frac{٣٣٣,٦}{١٢}$ = ٢٧,٨

٤ ـ تحديد حدى مخطط الرقابة :

حد الرقابة الأعلى = ٢٧,٨ + (١,٢٨ × ٠,٥٨) = ٢٨,٥٤ غم .

حد الرقابة الأدنى = ٢٧,٨ − (١,٢٨ × ٠,٥٨) = ٢٧,٠٦ غم .

٥ ـ الرسم البيانى لمخطط الرقابة للمتوسطات



يلاحظ أن العملية هى ضمن الرقابة وأن توزيع المتوسطات طبيعى .

ثانيا : مخطط الرقابة للمدى

إن مخطط الرقابة للمدى (Range Control Chart) يستخدم مثل مخطط الرقابة للمتوسطات لتدقيق التغير فى العملية ، فإذا كان مخطط المتوسطات يعكس النزعة المركزية للعملية والتحول فى المتوسط إلى ما فوق الحد الأعلى أو إلى ما دون الحد الأدنى لمخطط الرقابة ؛ فإن مخطط الرقابة للمدى يعكس تشتت العملية والتغير الحاصل فى هذا

التشتت . ويتم التوصل لحدى الرقابة لمخططات المدى باستخدام متوسط مدى العينة (ى) والقيم الجدولية للعاملين (د٣) و (د٤) التى تظهر فى الجدول رقم (١٤-١٢) وفق المعادلتين الآتيتين :

حد الرقابة الأعلى (للمدى) = د ٤ (ى) .... (١٤-٣)

حد الرقابة الأدنى (للمدى) = د ٣ (ى) .... (١٤-٤)

مثال (١٤-٥) :

استخدم بيانات المثال السابق (١٤-٤) لاحتساب حدى الرقابة لمخطط المدى وارسم ذلك بيانياً .

الحل : متوسط المدى (ى) = ١,٢٨ .

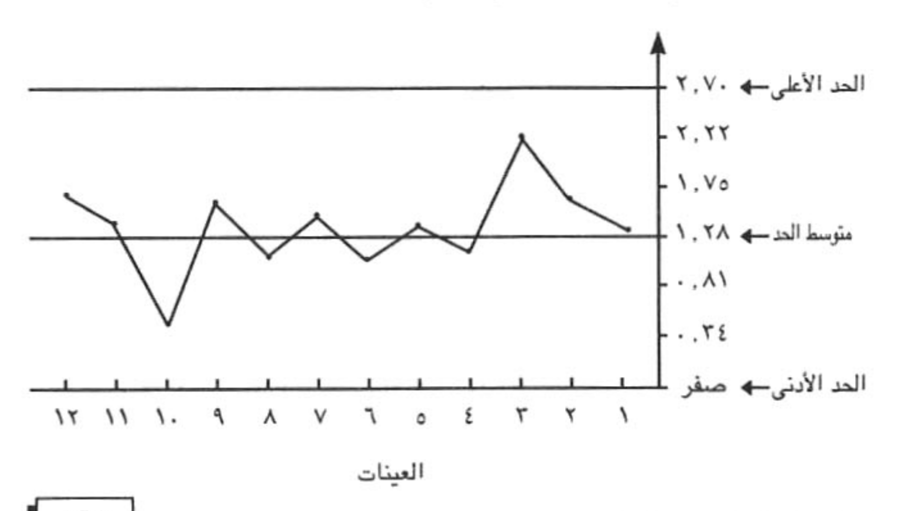
ومن الجدول (١٤-١٢) وعند ن = ٥ نجد أن :

د ٤ = ٢,١١

د ٣ = صفر

حد الرقابة الأعلى للمدى = ٢,١١ (١,٢٨) = ٢,٧٠

حد الرقابة الأدنى للمدى = صفر (١,٢٨) = صفر



ثالثا : استخدام مخططات المتوسط والمدى

إن مخططات الرقابة للمتوسط والمدى يقدمان تقييمات مختلفة ولكنها متكاملة عن العملية . ونعرض فيما يأتى لحالتين تكشفان كيف أن مخططى الرقابة للمتوسط والمدى يتكاملان فى تحقيق الرقابة على العملية .

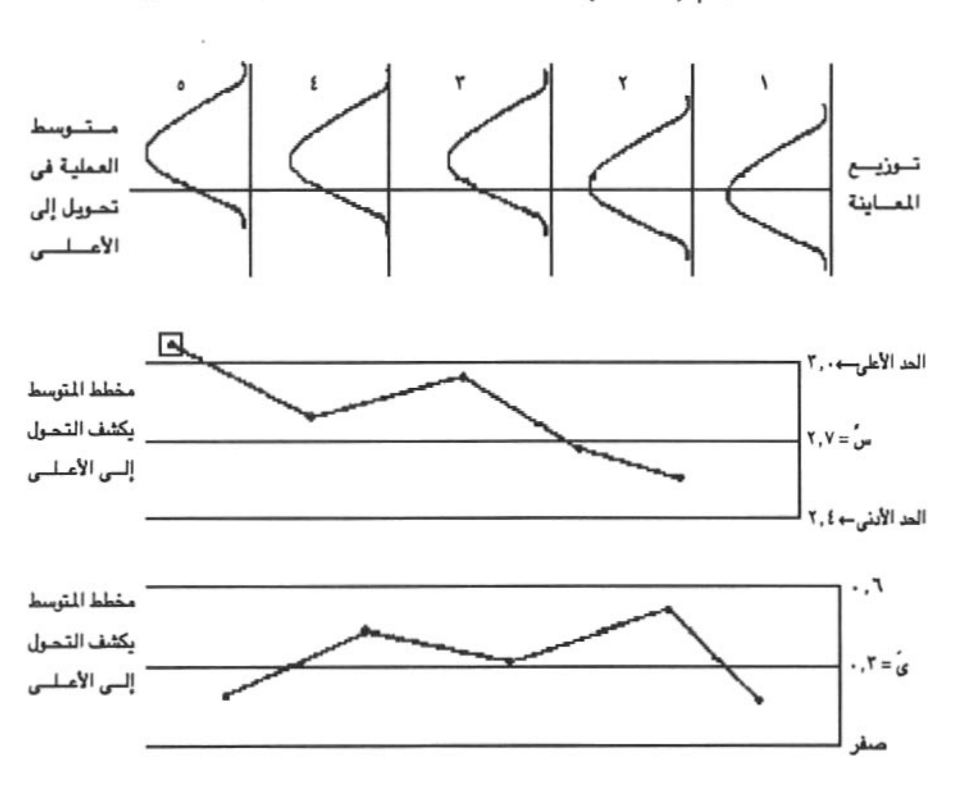
الحالة الأولى : عند تحول المتوسط دون تغير فى التشتت .

لنفرض أن حدود الرقابة للمتوسط هى : الحد الأعلى = ٣,٠٠ سم ، س = ٢,٧ ، الحد الأدنى = ٢,٤ سم ، وحدود الرقابة للمدى هى : الحد الأعلى = ٠,٦ ، ى = ٠,٣ ، الحد الأدنى = صفر . وقد توفرت البيانات الآتية :

العينات	١	٢	٣	٤	٥
المتوسط	٢,٥	٢,٦	٢,٩	٢,٨	٣,٠١
المدى	٠,٢	٠,٥	٠,٣	٠,٤	٠,٢

يلاحظ من توزيع المعاينة فى الجدول أن قيم المتوسط فى تزايد ؛ مما يكشف عن تحول متوسط العملية إلى الأعلى . كما أن مخطط الرقابة لمتوسط العينات عليه يكشف ذلك ؛ مما يستدعى البحث والدراسة للكشف عن أسباب الأداء غير الجيد للعملية ، بينما مخطط الرقابة للمدى لا يكشف عن هذا التحول . ويوضح الشكل رقم (١٤-١٣) هذه الحالة .

الشكل رقم (١٤-١٣) : تحول المتوسط ومخططا المتوسط والمدى



الحالة الثانية : التغير فى تشتت العملية دون تغير المتوسط .

لنفرض أن حدود الرقابة للمتوسط والمدى هى نفسها فى الحالة الأولى ، وقد توفرت البيانات الآتية :

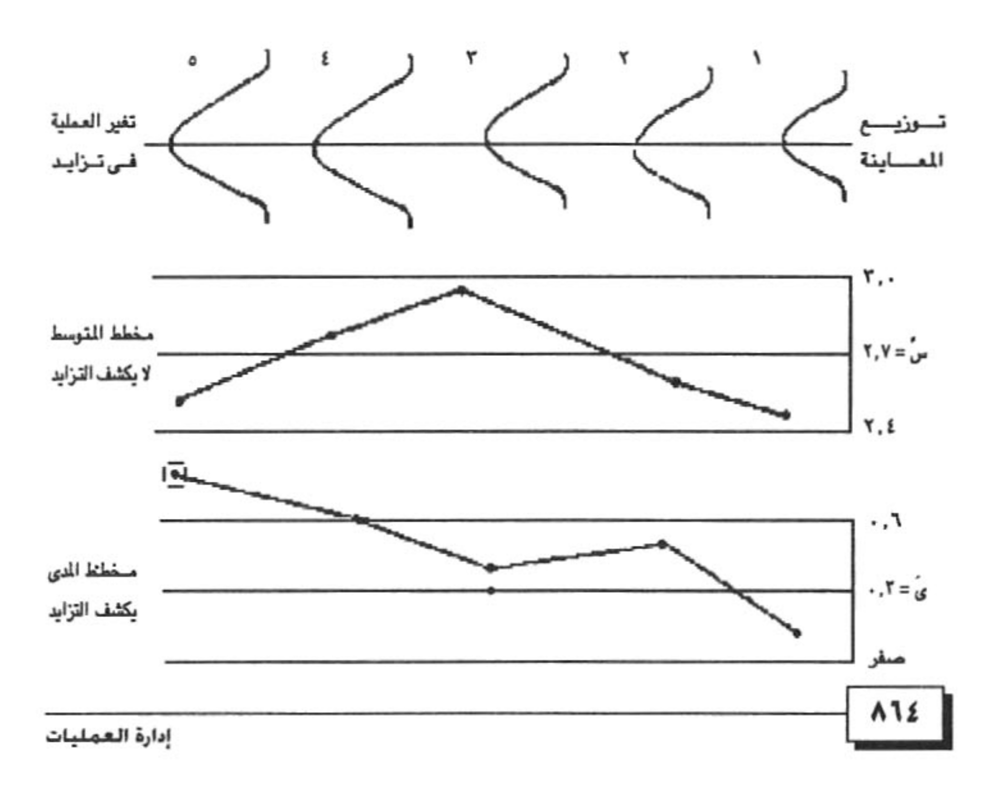
العينات	١	٢	٣	٤	٥
المتوسط	٢,٥	٢,٦	٢,٨	٢,٩	٢,٦
المدى	٠,٢	٠,٥	٠,٤	٠,٦	٠,٨

ومن هذه الحالة نجد أن توزيع المعاينة والبيانات المستمرة يكشفان أن متوسطات العينات تتوزع توزيعًا طبيعيًا .

ويوضح الشكل رقم (١٤-١٤) أن مخطط الرقابة للمتوسط لم يكشف التغير أو التزايد فى تشتت العملية ، ولكن مخطط الرقابة للمدى كشف عن هذا التغير ؛ لهذا يكون استخدام كلا المخططين ضروريًا لتقديم بيانات كاملة وضمان الرقابة على العملية .

ولابد من الإشارة إلى أن مخططات الرقابة بشكل عام لا تمثل فقط وسيلة لقياس الرقابة على العملية ، وإنما هى أيضًا تساعد على تحديد متى تكون العملية بحاجة إلى تعديل . ولتوضيح ذلك نشير إلى أن مخطط الرقابة للمتوسط يكون عرضة لحالات عديدة تستلزم الدراسة والتحقق من أسبابها .

الشكل رقم (١٤-١٤) : التشتت فى العملية ومخططاالمتوسط والمدى



وقد قدم (هانسين B.L.Hansen) حالات عديدة تستوجب الدراسة والتحقق رغم أن أغلب هذه الحالات لم تخرج متوسطات عيناتها عن الحدين الأعلى والأدنى للرقابة ؛ مما يعنى أن الخروج عن الرقابة يأخذ مظاهر عدة أحدها الخروج عن حدى الرقابة .

والشكل رقم (١٤-١٥) يوضح هذه الحالات التى هى خارج الرقابة ، أو تميل لأن تكون كذلك . إن دراسة هذه الحالات يمكن أن تؤدى إلى إيجاد الأسباب القابلة للتحديد من أجل معالجتها ، وقد تكشف فى بعض الحالات عن تحويل المتوسط ؛ مما يتطلب إعادة احتساب المتوسط وحدى الرقابة الأعلى والأدنى . مع التأكيد على أن هناك حالات عديدة أخرى يمكن أن تكون ذات دلالة فى الكشف عن إمكانية حدوث التغير ؛ مما يستوجب الدراسة ، كما أن هذه الحالات تكشف البعد التوقعى فى دراسة ما يمكن أن يكون ميلاً ممكنًا نحو التغير .

الشكل رقم (١٤-١٥) : حالات مخطط الرقابة للمتوسط



١٤-١٥- مخططات الرقابة على الخصائص التمييزية :

إن الخصائص التمييزية في خطة لمعاينة يمكن التعبير عنها كتوزيع لنسبة المرات التى تكون الوحدات فيها مقبولة أو مرفوضة . وتستخدم مخططات الرقابة على الخصائص التمييزية فى حالة الخصائص التمييزية التى تكون معدودة أكثر من أن تكون مقاسة . والخصائص التمييزية مثل : عدد المصابيح التالفة ، وعدد الزجاجات المكسورة ، وفى الخدمات عدد الكشوفات المالية غير الصحيحة فى المصارف ، غياب الطالب فى التعليم ، وهذه كلها تخضع للعد والحساب . وهذه الخصائص تتم الرقابة عليها باستخدام مخططات الرقابة على الخصائص التمييزية ، فى حين أن طول الأنابيب يجب أن يقاس ، وتتم الرقابة عليها باستخدام مخططات الرقابة على المتغيرات .

وهناك عدة مخططات للرقابة على الخصائص التمييزية كمخطط نسبة الوحدات التالفة أو كسر الوحدات التالفة ويدعى مخطط ـ ح (P-Chart) ، ومخطط ـ ح ن (Pn-Chart) ومخطط عدد التوالف ويدعى مخطط ـ جـ (C-Chart) ، ولغرض التمييز بين هذه المخططات ؛ نشير إلى أن كل واحد منها يستخدم في حالة معينة ؛ فمخطط ـ ح (P-Chart) يكون ملائمًا للاستخدام عندما تكون الوحدات التالفة (المرفوضة) وغير التالفة (المقبولة) قابلة للعد ومعلومة ، مثال ذلك المصابيح التالفة والصالحة فى عينة المصابيح . وعندما يكون حجم العينات من المصابيح متساويًا فى كل مرة نستخدم (مخطط ـ ح) ، أما إذا كان حجم العينات من الوحدات التالفة كما فى ظهور الفيروس فى المصابين والبكتيريا فى عينات ماء النهر ، دون أن يكون بالإمكان احتساب حالات عدم الظهور (عدم ظهور الفيروس فى بقية السكان ، وبقية مياه النهر) – فيكون ملائمًا استخدام مخطط عدد التوالف (مخطط ـ جـ) . ونعرض فيما يأتى لمخططى نسبة الوحدات التالفة (مخطط – ح) وعدد التوالف (مخطط ـ جـ) .

أولا : مخطط نسبة الوحدات التالفة

إن مخطط نسبة الوحدات التالفة، ويدعى أيضًا (مخطط ـ ح) (P-Chart) يستخدم فى الرقابة على نسبة الوحدات التالفة الناتجة عن العملية ، وإن التوزيع الاحتمالى لهذا

النوع من المتغيرات هو التوزيع ثنائى الحدين الذى متوسطه (ح) وانحرافه المعيارى (ع ح) ويحسب بالصيغة الآتية :

$$\text{ع ح} = \sqrt{\frac{\text{ح }(1-\text{ح})}{\text{ن}}} \quad \text{.......................} \quad (١٤-٥)$$

حيث ح = متوسط كسر الوحدات التالفة (Average Fraction Defective) فى الوجبة عندما يكون معلوماً ، ويستخدم تقدير هذا المتوسط (ح) بدلاً عنه إذا كان غير معلوم .

إن مخطط (ح) يوضح ويستخدم بطريقة تشبه مخطط الرقابة للمتوسطات ؛ حيث إن الخط الوسطى يكون متوسط كسر التلف (ح) ؛ لذا فإن حدى الرقابة فى هذا المخطط يتحددان بالمعادلتين الآتيتين :

حد الرقابة الأعلى (لمخطط ـ ح) = ح + ت (ع ح) .... (١٤-٦)

حد الرقابة الأدنى (لمخطط ـ ح) = ح − ت (ع ح) .... (١٤-٧)

حيث إن ت = ثابت يمثل عدد الانحراف المعيارى حسب درجة الثقة المرغوب .

مثال (١٤-٦) :

فى الجدول الآتى بيانات عن (١٦) عينة ، كل عينة مكونة من (٥٠) وحدة وعدد الوحدات التالفة .

المطلوب : إعداد مخطط نسبة الوحدات التالفة (أى مخطط ـ ح) عند مستوى الثقة (٩٩,٧٪) .

العينات	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
حجم العينة	٥٠	٤٥	٥٠	٤٥	٥٨	٥٢	٥٢	٥١	٥٠	٤٥	٤٨	٥٤	٥٠	٤٦	٥١	٥٣
الوحدات التالفة	٢	٨	٥	٢	٦	٢	٥	٤	٢	٧	١	٣	٥	٢	٤	٦

الحــل : ١ ـ احتساب نسبة الوحدات التالفة (ح) من العينات :

العينات	حجم العينة	الوحدات التالفة	نسبة الوحدات التالفة ح (٪)
١	٥٠	٢	٠,٠٤
٢	٤٥	٨	٠,١٨
٣	٥٠	٥	٠,١٠
٤	٤٥	٢	٠,٠٤
٥	٥٨	٦	٠,١٠
٦	٥٢	٢	٠,٠٤
٧	٥٢	٥	٠,١٠
٨	٥١	٤	٠,٠٨
٩	٥٠	٢	٠,٠٤
١٠	٤٥	٧	٠,١٦
١١	٤٨	١	٠,٠٢
١٢	٥٤	٣	٠,٠٦
١٣	٥٠	٥	٠,١٠
١٤	٤٦	٢	٠,٠٤
١٥	٥١	٤	٠,٠٨
١٦	٥٣	٦	٠,١١
المجموع	٨٠٠	٦٤	

$$ح = \frac{\text{مجموع الوحدات التالفة}}{\text{مجموع حجم العينات}} = \frac{٦٤}{٨٠٠} = ٠,٠٨$$

٢ ـ احتساب الانحراف المعيارى (ع ح) :

$$ع\ ح = \sqrt{\frac{٠,٠٨\ (١-٠,٠٨)}{٥٠}} = \sqrt{\frac{٠,٠٨\ (٠,٠٩٢)}{٥٠}}$$

$$= \sqrt{٠,٠٠١٤٧٢} = \sqrt{٠,٠٣٨}$$

٣ ـ احتساب الحد الأعلى والحد الأدنى لمخطط ـ ح

الحد الأعلى = ٠,٠٨ + ٣(٠,٠٣٨)

= ٠,٠٨ + ٠,١١٤ = ٠,١٩٤

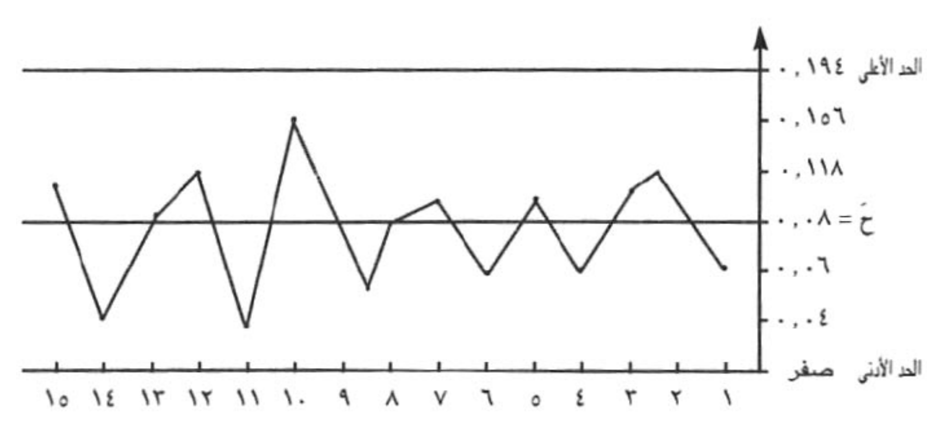
الحد الأدنى = ٠,٠٨ − ٣(٠,٠٣٨) = صفر

يلاحظ من الخطوتين (٢) و(٣) أننا لتبسيط المعالجة استخدمنا متوسط حجم العينة ، أى (ن =٥٠) ، إلا أن هناك جداول قياسية لاحتساب قيم $٣ \backslash \sqrt{ن}$ ، فعندما يكون حجم العينة متبايناً وغير متساوٍ ؛ فإن الحد الأعلى لمخطط ـ ح يكون :

$$\text{الحد الأعلى} = ٠,٠٨ + ٣\sqrt{\frac{٠,٠٨\ (١-٠,٠٨)}{ن}}$$

$$= ٠,٠٨ + \frac{٣}{\sqrt{ن}}\sqrt{٠,٠٨\ (١-٠,٠٨)}$$

$$= ٠,٠٨ + \frac{٣}{\sqrt{ن}} \times ٠,٢٧$$



يلاحظ أن نسبة الوحدات التالفة تقع ضمن نسب الواحدت التالفة المسموحة مما يعنى أن العملية تحت السيطرة .

ثانيا : مخطط عدد التوالف

إن مخطط عدد التوالف ، ويدعى أيضًا (مخطط ـ جـ) (C-chart) يستخدم عندما يكون الهدف هو الرقابة على عدد التوالف ، أى مرات ظهور الحالات المرفوضة دون أن يكون بالإمكان حساب حالات عدم الظهور من مجموع الحالات ، كما فى عدد العينات الملوثة من المياه . إن التوزيع الاحتمالى لهذا النوع من العينات هو توزيع بواسون ، وإن متوسط عدد التوالف يكون (جـ) ، وإن الانحراف المعيارى هو (جـ) ، وإن حدى الرقابة فى هذا المخطط يحسبان كالآتى :

حد الرقابة الأعلى = جـ + ت$\sqrt{\text{جـ}}$ .... (١٤-٨)

حد الرقابة الأدنى = جـ − ت$\sqrt{\text{جـ}}$ .... (١٤-٩)

حيث إن جـ = متوسط عدد التوالف فى العملية ، أما إذا كان غير معلوم ؛ فيتم تقديره من بيانات العينة باستخدام (جـ) حيث إن :

$$\text{جـ} = \frac{\text{مجموع التوالف}}{\text{عدد العينات}}$$ .... (١٤-١٠)

مثال (١٤-٧) :

فى مركز للتحليلات أخذت (٢٤) عينة من لقاحات الأطفال لاختبار تأثر فاعليتها بالخزن غير الملائم ، وبعد التحليل والاختبار توفرت البيانات الواردة فى الجدول أدناه .

العينات	عدد التوالف	العينات	عدد التوالف	العينات	عدد التوالف	العينات	عدد التوالف
١	١	٧	٢	١٣	٢	١٩	١
٢	٣	٨	٢	١٤	٣	٢٠	٢
٣	صفر	٩	صفر	١٥	صفر	٢١	صفر
٤	٤	١٠	١	١٦	٢	٢٢	١
٥	٢	١١	٢	١٧	١	٢٣	٣
٦	١	١٢	١	١٨	٢	٢٤	٢
						المجموع	٢٨

الحـل :

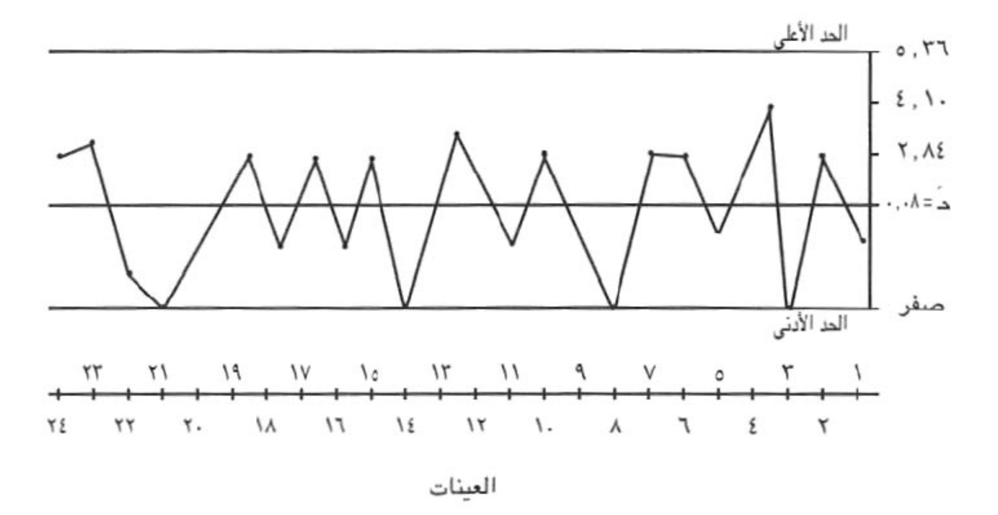
$$\text{جـ} = \frac{٣٨}{٢٤} = ١,٥٨$$

حد الرقابة الأعلى = ١,٥٨ + ٣ ($\sqrt{١,٥٨}$) = ١,٥٨ + ٣(١,٢٦)

= ١,٥٨ + ٣,٧٨ = ٥,٣٦

حد الرقابة الأدنى = ١,٥٨ + ٣ ($\sqrt{١,٥٨}$)

= ١,٥٨ − ٣,٧٨ = صفر



١٤-١٦-استخدام الحاسبة فى مجال الجودة :

إن التطور الكبير فى إمكانات الحاسبة الفنية والوظيفية ؛ جعل استخدامها فى إدارة العمليات واسعًا ومتنوعًا ، وتمثل الجودة أحد المجالات المهمة فى استخدام الحاسبة وتطبيقاتها ، ففى مجال جودة التصميم (Design Quality) فإن استخدم نظام التصميم بمساندة الحاسبة (CAD) يوفر إمكانات كبيرة لتحقيق الجودة الأفضل بأقصر وقت وأقل كلفة مع قدرة لاحقة أكبر لإدخال التعديلات والتحسينات على

مواصفات المنتوج ، وبما يوفر قاعدة مهمة لتحقيق التصميم المتين الذى هو أحد أركان مدخل تاكوتشى فى النوعية ، وذلك بتصميم العملية بطريقة تكسبها المناعة ضد الانحرافات المسببة لتلف المنتوج وتدنى جودته .

كما أن التصنيع بمساندة الحاسبة (CAM) وفّر إمكانات كبيرة فى الرقابة المؤتمتة والمبرمجة على العملية ومدخلاتها و مخرجاتها ، وكذلك على إدخال التعديلات على العملية بما تحقق استجابة أفضل لحاجات الزبون والتغيرات فى السوق ، أى يوفر قدرة أكبر فى تحقيق الجودة المطلوبة من قبل الزبائن فى السوق .

وفى مجال الفحص فإن التطورات الأخيرة فى مجال الذكاء الاصطناعى الذى أصبح يستخدم على نطاق واسع نسبيًا فى الفحص المؤتمت ، وقد أشرنا فى الفصل الثالث عشر تكنولوجيا الإنتاج إلى تطبيقات الرؤية الآلية من خلال النظام الخطى والنظام المصفوفى فى فحص الأجزاء والمنتجات اعتماداً على متحسسات بصرية لإبعادها ، ومن ثم قبول ما هو صالح ورفض ما هو تالف منها . ولا شك فى أن الفحص المؤتمت والذى يطبق فى أنظمة الإنتاج لحجوم كبيرة تؤدى إلى تجنب الأخطاء البشرية الناجمة عن الملل والرقابة وتدنى مستوى الانتباه ؛ مما يساهم فى خفض الإخفاق الخارجى .

ولاشك فى أن استخدام الفحص المؤتمت الذى يمثل فى حقيقة الأمر الفحص (١٠٠٪) ؛ سيؤدى إلى التغيير الجذرى فى مجال معاينة القبول وخطط المعاينة ؛ وذلك لأن هذا الفحص يمكن أن يقلص العينة بشكل كبير . والتجربة اليابانية تقدم نموذجًا جيداً فى هذا المجال ، ففى هذه التجربة تستخدم المتحسسات الإلكترونية فى الفحص والتى تطلق عليها تسمية (Poka a Yoke) والتى تعنى المضمونة التى لا تخفق ؛ حيث يضئ الضوء المنبه ؛ ليحذر العامل عند الخطأ فى الإنجاز غير القياسى للعمل . واستخدام هذه الأساليب جعل بالإمكان استخدام حجم العينة (ن=٢) ، حيث يتم فحص الوحدة الأولى من وجبة الإنتاج والوحدة الأخيرة منها فقط للتأكد من نوعية المخرجات .

إن المستقبل يظل يحمل إمكانات عظيمة فى استخدام التكنولوجيا الجديدة ليس فقط فى تحسين جدولة الإنتاج وزيادة الإنتاجية ، وإنما أيضًا فى تحسين الجودة والاستجابة الأسرع والأفضل لحاجات الزبون .

١٤-١٧- الجودة فى مجال الخدمات :

لابد من التأكيد على أن عدم ملموسية الخدمة تجعل الرقابة على جودتها أصعب من الرقابة على جودة المنتوج ؛ ففى الخدمة يتم بيع وتسويق المهارة والحرفة المهنية والكفاءة ، وهذه كلها غير ملموسة ، وعند تقديمها إلى الزبون تتأثر بنقص التدريب وتعب وملل العامل وعدم قدرته على تفهم حاجات الزبون . كما أن المنتوج غير الجيد يمكن إعادته واستبداله أو تصليحه وإعادة عمله ، ولكن فى الخدمة من غير الممكن القيام بذلك بنفس الطريقة ، ولكن هذا كله لا يعنى بالتأكيد أنه ليس هناك ما يمكن فعله فى مجال جودة الخدمات .

إن جودة الخدمة حسب (زيمرمان وانيل Zimmerman & Enell) مثل جودة المنتوج تبدأ مع "الملاءمة للاستعمال" ؛ فالشركات الخدمية كالمصارف وشركات التأمين والنقل والمستشفيات وغيرها مشغولة بخدمة الزبائن ، والعلاقة بهم تكون بناءة وإيجابية ؛ إذا كانت الخدمة التى تقدمها تستجيب لحاجات الزبون فى السعر ، وقت التقديم ، الملاءمة لغرض الزبون . والواقع أن الملاءمة تشمل فى كل نوع من الخدمات مجموعة من السمات ؛ فمثلاً فى الخطوط الجوية ؛ فإن هذه السمات تتمثل بالتوقيت دقة المواعيد ، سهولة الحجز ، والمعاملة الطيبة ، بينما فى المطعم فإن هذه السمات تتمثل فى مظهر المطعم ، تنوع الطعام ، نكهته ، سرعة الإعداد والتقديم ، القرب أو البعد من الزبون ، والسعر ... إلخ .

لهذا فإن البحث فى جودة الخدمة لابد أن يبدأ بتصميم الخدمة ، ولقد أشارت دراسة قدمها (شلسنجر وهسكيث Schlesinger & Heskett) إلى الحاجة إلى مدخل جديد فى هذا المجال ؛ فإن الشركات لايمكن أن تصمم معايير قياسية جديدة للخدمة باستخدام الروتين القديم المتبع فى مجالات عديدة من الخدمات التى اتسمت بدوران عالٍ للعاملين ، ضعف ولائهم ، نقص التدريب ، مقاييس المحاسبة التقليدية ، وعمال الخط الأول المتصل بالزبون بدون صلاحيات كافية) ، فى حين هناك عدد قليل من الشركات القائدة هى التى بدأت باتباع المدخل الجديد الذى يرتكز أولاً على حاجات وتوقعات الزبائن ودعم عمال الخط الأول ونظام معلومات يساعد على كشف الأخطاء والنقاط شكاوى الزبائن ، وبالتالى رفع الجودة والمبيعات على حد سواء .

إن المدخل الجديد فى مجال الخدمات أصبح موضع اهتمام متزايد ، ولعل هذا الاهتمام يتمثل فى كثرة الدراسات المتخصصة التى أصبحت تعالج مجال الخدمات على أساسه ، ويمكن أن نعرض خصائص هذا المدخل الجديد فى مجال الخدمات وهى كالآتى :

أولاً : إن تصميم الخدمة يجب أن يعتمد على حاجات وتوقعات الزبائن والتى تختلف من شركة لأخرى ومن نوع خدمة لآخر ، وبهذا تكون الخدمة ذات جودة جيدة ؛ لأنها ملائمة للاستعمال .

ثانيًا : التأكيد على إعداد عمال الخط الأمامى الذين هم على اتصال مباشر بالزبون ؛ وذلك من خلال الاختيار الجيد (الكلفة العالية فى الاختيار أفضل من كلفة اعلى فى إخفاق النظام) ، التدريب الجيد ، الأجور والحوافز الجيدة ، والصلاحيات المناسبة ، وهذه كلها تساهم فى خفض دوران العمل ، ولاء أعلى ، رضا أفضل للعامل ، ومما ينعكس مباشرة على تقديم خدمة ممتازة كقاعدة لتحقيق رضا الزبون .

ثالثًا : إيجاد نظام لإشارات الإنذار المبكر التى تكشف عن الإخفاق فى الخدمة (جودة سيئة) من خلال التقاط شكاوى الزبائن ومقترحاتهم ، وما يرتبط بذلك من إجراءات تفى بتعهدات الشركة فى تقديم خدمة أفضل للزبائن .

رابعًا : ضرورة جعل النجاح والتقدم فى جودة الخدمة منظوراً ، سواء بالعلاقة مع الزبون أو العاملين وتطويرهم وحوافزهم ، وعرض ذلك من خلال لوحات جدارية أو زجاجية فى مواقع ملائمة تشير إلى ما تحقق فى ذلك .

إن المدخل الجديد يتلاءم أيضاً مع ضرورة وضع معايير جودة الخدمة ، ولقد اهتمت دراسات كثيرة فى الفترة الأخيرة بهذه المعايير التى تصلح أن تكون دليلاً للإدارة فى الشركات الخدمية لاستخدامها فى الرقابة على الجودة . ونشير فى هذا المجال إلى المعايير الستة للإدراك الجيد لجودة الخدمة ، كما فى الجدول رقم (١٤-١٦) والتى تمثل معايير إرشادية فى هذا المجال .

الجدول رقم (١٤-١٦) : المعايير الستة للإدراك الجيد لجودة الخدمة

المعايير	الوصف
١ - المهارات والاحتراف	- يدرك الزبائن أن مقدمى الخدمة والعاملين والمزودين بالنظم التشغيلية والموارد المادية ، لديهم المهارات والمعرفة المطلوبة لكل مشكلات الزبائن بطريقة احترافية (معيار متعلق بالمخرجات) .
٢ - الاتجاهات والسلوك	- يشعر الزبائن بأن العاملين الذين يقدمون الخدمة يهتمون بهم وبحل مشكلاتهم أيضاً بطريقة ودية وتلقائية (معيار متعلق بالعمليات) .
٣ - سهولة المنال والمرونة	- يشعر الزبائن بأن تقديم الخدمة ، موقعها ، ساعات العمل ، العاملين ونظم التشغيل تم تصميمها وتعمل لتقديم الخدمة بسهولة : لهذا فإن العاملين مستعدون لتقديم الخدمة فى الوقت الذى يرغب الزبون به وبطريقة مرنة (معيار متعلق بالعمليات) .
٤ - الاعتمادية والثقة	- يعرف الزبائن بأنهم فى أى ظرف أو أى مكان ، يستطيعون الاعتماد على مقدمى الخدمة والعاملين والنظم ويثقون فى وعودهم وأدائهم واهتمامهم الشديد بالزبائن (معيار متعلق بالعمليات) .
٥ - تصحيح الأشياء الخاطئة	- الزبائن متأكدون من أنه عند حدوث شيء خاطئ أو غير متوقع : فإن مقدمى الخدمة سوف يبادرون وبفاعلية ويتخذون أفعالاً إيجابية للسيطرة على الموقف ويجدون حلولاً مناسبة ، لأى موقف قد يظهر فجأة (معيار متعلق بالعمليات) .
٦ - السمعة والأمانة	- يعتقد الزبائن أن عمليات مقدمى الخدمة يمكن الثقة بها وتساوى ما ينفق فيها وترمز إلى أداء جيد وقيمة عالية يتقاسمها الزبائن ومقدمو الخدمة (معيار متعلق الصورة الذهنية) .

الأسئلة :

١ ـ ماذا نعنى بالقول إن القرن العشرين هو قرن الإنتاجية ، وإن القرن الواحد والعشرين سيكون قرن النوعية ؟

٢ ـ ميِّز بين النظرة التشغيلية والنظرة الإستراتيجية للنوعية .

٣ ـ ما الفرق بين المدخل الإنتاجي والمدخل التسويقى فى مفهوم النوعية ؟

٤ ـ وضح ماذا نعنى بالتلف وفق المدخل التقليدى والمدخل الحديث وكيف يتم التمييز بينهما ؟

٥ ـ ماهى الكلفة الأكثر أهمية فى كلف النوعية ، ولماذا ؟

٦ ـ وضح مايأتى :

أ ـ المنافسة القائمة على النوعية .

ب ـ تحليل باريتو .

ج ـ بيانية السبب ـ النتيجة .

د ـ دالة خسارة النوعية

هـ ـ طريقة التصميم المتين (Robust Design Method) .

٧ ـ ماذا نعنى بالفحص ، وماهى أنواعه ؟ وما هو المستوى الأمثل للفحص ؟

٨ ـ ماذا نعنى بما يأتى :

أ ـ معاينة القبول .

ب ـ خطط المعاينة .

ج ـ منحنى الخصائص العملية .

د ـ مخاطرة المنتج ومخاطرة المستهلك .

٩ ـ علل ما ياتى :

أ ـ كلما زاد حجم العينة مع ثبات عدد القبول ؛ زادت مخاطرة المنتج وانخفضت مخاطرة المستهلك .

ب ـ إن خطة العينة لاتحقق تمييزاً كاملاً بين الوجبات جيدة أو سيئة النوعية .

١٠ ـ ماهى أنواع الانحرافات فى الخصائص القابلة للقياس والخاضعة للقياس ؟

١١ ـ ما الفرق بين مخططات الرقابة على المتغيرات وعلى الخصائص التمييزية ؟

١٢ ـ وضح استخدامات الحاسبة فى مجال النوعية .

١٣ ـ ماذا نعنى بالآتى : إن جودة الخدمة هى "الملاءمة للاستعمال" ؟

١٤ ـ ماهى خصائص المدخل الجديد فى مجال نوعية الخدمات ؟

التمارين :

١ ـ فى عملية كانت هناك أربعة مواقع محتملة لوضع محطات الفحص فيها ، وهذه المواقع هى (س) (ص) (ك) (ل) ، وكانت نسبة الوحدات التالفة فى هذه المواقع على التوالى : (٣٪ ، ٥٪ ، ٤٪ ، ١٠٪) . وبعد الدراسة قدّر أن كلفة الفحص فى المواقع الأربعة على التوالى : (٨٠) ديناراً ، (١٥٠) ديناراً (٥٠) ديناراً و(٤٠) ديناراً . ما هو ترتيب مواقع الفحص المفضل عند محدودية الموارد المخصصة للفحص ؟

٢ ـ فى شركة (ألفا) الصناعية تقوم بإعداد منحنى الخصائص العملية ، وكان عدد القبول المعتمد جـ = ٢ ، وحجم العينة (٤٠) وحدة فى خطة المعاينة المنفردة .

المطلوب : احتساب احتمال القبول (ح) بالنسبة إلى (١٨) قيمة من كسر التلف هى :

٠,١ ، ٠,٢ ، ٠,٣ ، ٠,٤ ، ٠,٦ ، ٠,١٠ ، ٠,١٢ ، ٠,١٤ ، ٠,١٦ ، ٠,١٨ ، ٠,٢٠ ، ٠,٢٢ ، ٠,٢٤ ، ٠,٢٦ ، ٠,٢٨ ، ٠,٣٠ ، ٠,٣٢ ، ٠,٣٤

٣ ـ فى عملية القطع لأنابيب بلاستيكية بطول (٢,٥) سم وبانحراف معيارى (٠,١) سم ، كان تغير العملية يعتبر طبيعياً . المطلوب : تحديد حدى الرقابة للمتوسطات التى تضمن مستوى الثقة (٩٥,٤٪) إذا كانت المخرجات عشوائية فى حالتين : الحالة الأولى (ن = ٢٤) ، والحالة الثانية (ن = ٣٦) .

٤ ـ لقد توفرت البيانات الآتية عن أطوال قضبان هى مخرجات إحدى العمليات أخذت منها (١٠) عينات كل عينة مكونة من (٤) وحدات .

المطلوب : احتساب حدى مخطط الرقابة للمتوسطات والرسم البيانى للمخطط وتوزيع العينات عليه .

	الأطوال (سم)			
	١	٢	٣	٤
١	٨,٠٢	٨,١٠	٧,٩٩	٨,٠٤
٢	٨,٤٢	٨,٢٠	٨,٣٣	٨,٢٥
٣	٨,٢٠	٨,٠٠	٨,٠٦	٧,٩٠
٤	٧,٩٠	٨,١٠	٨,٠٢	٨,٣٥
٥	٨,١٥	٧,٨٥	٧,٩٠	٧,٨٠
٦	٧,٩٠	٨,١٠	٧,٨٥	٧,٩٠
٧	٨,٢٥	٧,٩٠	٧,٨٠	٨,٤٠
٨	٨,١٠	٨,٤٠	٨,٣٠	٨,٣٥
٩	٧,٩٠	٨,٠٠	٧,٩٨	٧,٩٥
١٠	٨,٠٠	٧,٩٠	٨,١٠	٧,٨٥

٥ ـ استخدم البيانات فى المثال رقم (٤) لإعداد مخطط الرقابة للمتوسطات باستخدام الطريقة الجدولية .

٦ ـ استخدم البيانات فى المثال رقم (٤) لإعداد مخطط الرقابة للمدى باستخدام الطريقة الجدولية .

٧ ـ لقد أخذت (٦) عينات من مخرجات العملية (ك) وكانت نتائج الحسابات لهذه العينات كما فى الجدول :

العينات	١	٢	٣	٤	٥	٦
المتوسط (غم)	٥٧	٥٥	٥٦	٥٣	٥٤	٥٢
المدى	٢	٤	٥	٤	٣	٢

وكانت حدود الرقابة للمتوسطات هى :

الحد الأعلى ٥٨ غم ، س = ٥٥

الحد الأدنى = ٥٢

حدود الرقابة للمدى هى :

الحد الأعلى = ٦ ، ى = ٤

الحد الأدنى = ٢

المطلوب : وضح بيانيًا قدرة كل من المخططين على الكشف عن التغير فى العملية ، وتفسير ذلك .

٨ ـ توفرت البيانات الآتية عن (٣٠) عينة وكل عينة مكونة من (٤٠) وعدد الوحدات التالفة :

رقم العينات	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥
حجم العينة	٤٠	٤٢	٤٥	٣٨	٤٦	٣٥	٣٦	٤٠	٤٢	٤٠	٤٥	٤٦	٣٦	٣٥	٣٩
الوحدات التالفة	٢	٨	٣	٤	٦	٣	٦	٢	٧	١	٣	صفر	٥	٤	٥

رقم العينات	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٢٤	٢٥	٢٦	٢٧	٢٨	٢٩	٣٠
حجم العينة	٤١	٤٠	٤٤	٣٨	٤٢	٤٠	٣٥	٤١	٣٦	٤٢	٣٥	٣٨	٤٤	٣٨	٣٦
الوحدات التالفة	١	٥	٣	٦	٤	٥	٤	٦	١	صفر	٢	٣	٧	٥	٤

المطلوب : إعداد مخطط نسبة الوحدات التالفة (مخطط ح) عند مستوى الثقة (٩٩.٥٪) وتوزيع العينات عليه .

٩ ـ فى مختبر صحة البيئة أخذت (٢٠) عينة من مياه الشرب لاختبار تلوثها بنوع معين من البكتريا ، وفى الجدول الآتى نتائج الاختبارات .

المطلوب : إعداد مخطط عدد التوالف (مخطط ـ جـ) وتوزيع العينات عليه .

العينات	عدد التوالف
١	١
٢	٣
٣	٢
٤	٤
٥	صفر
٦	٢
٧	١
٨	٢
٩	٣
١٠	٢

العينات	عدد التوالف
١١	٤
١٢	١
١٣	٣
١٤	٢
١٥	١
١٦	٤
١٧	٢
١٨	صفر
١٩	٣
٢٠	١

المراجع :

أولا : الكتب

١ ـ د . أحمد إبراهيم عبد الهادى "إدارة الإنتاج والعمليات والتكنولوجيا" دار النهضة ، القاهرة ، بلا تاريخ .

(2) E.Adam,. Jr. and R. J. Ebert, Production and Operations Management, Printice-Hall of India Private Lmd. New Delhi . 1993.

(3) J. R. Evans, Production and Operations Management, West Publishing Co. Minneapolis 1997.

(4) B. L. Hansen, Quality Control Printice-Hall, Inc. Englewood cliffs, New Jersey, 1963.

(5) J. Hiezer and B. Render, Production and Operations Management Allan and Bacon, Inc Bosten. 1988 .

(6) K. Ishikawa, Guide to Quality Control, Asian Productivity Organization, Tokyo 1982.

(7) L. J. Krakewski and L. P. Ritzman, Operations Management, Addison-Wesley Publishing Co Reading, Massachustte. 1996.

(8) M.S.Phadke, Quality Engineering Using Robust Design, Printice-Hall International, Inc. UK .London 1989.

(9) R. G. Schroeder, Production and Operations Management, McGraw Hill Book Co New York 1989.

(10) N. Slack et al., Operations Management, Pitman Publishing, London, 1998.

(11) W. J. Stevenson, Production\Operations Management, Irwin Homewood, Boston, 19900.

(12) C. D. Zimmerman, III and J. W. Enell, Service Industries, cited in, J. M. Juran and F. M.Gryna (Eds) Jurans Quality Control Handbook, McGraw Hill Book Co NewYork. 1988.

ثانيا : الدوريات

(1) T. W. Firnstah, My Employes Are My Service Guarantee, Harvard Business Review, July-August, 1989.

(2) J. M. Juran, Made in USA; A Renaissance in Quality, HBR. July-August, 1993.

(3) L. A. Schlesinger and J. L. Heskett, The Service-Driven service Company, HBR. Sep-Oct. 1991.

ملحق الفصل الرابع عشر : الخصائص الأساسية للمدخل اليابانى فى مجال الجودة .

١ - المدخل .

٢ - الجودة اليابانية : الخلفية والتطور .

٣ - الخصائص الأساسية للمدخل اليابانى فى مجال الجودة .

أولاً : النظرة الإستراتيجية للجودة .

ثانيـاً : وجود سياسة وطنية فى مجال الجودة .

ثالثـاً : الجودة مسئولية الجميع .

رابعـاً : جودة أعلى بكلفة أدنى .

خامساً : التلف الصفرى .

سادساً : مدخل تاكوجى للجودة .

سابعـاً : إنتاج الوقت المحدد .

ثامنـاً : دوائر الجودة .

تاسعـاً : التحفيز من أجل الجودة .

عاشراً : الرقابة على الجودة الشاملة .

الأسئلة .

المصادر .

١ - المدخل :

تعتبر الجودة عاملاً حيوياً فى نجاح المنظمة أو فشلها ، وهذا يعود إلى دور الجودة الجيدة فى تحسين استغلال الموارد المتاحة والموقع التنافسى للمنظمة فى السوق . وخلافًا لذلك فإن الجودة الرديئة بقدر ما تمثل هدراً واضحاً فى الموارد (كلفة إعادة العمل ، التخلص من الخردة ، وكلفة السمعة) ؛ فإنها تؤدى إلى النتيجة المباشرة فى تقلص حصة الشركة فى السوق ؛ لهذا فإن الشركات الحديثة تهتم بعوامل تحسين الجودة بشكل مستمر ، وذلك من خلال البحث فى التجارب والأساليب الحديثة التى يمكن أن تساهم فى تحسين الجودة .

والتجربة اليابانية غنية بالمفاهيم والأساليب الجديدة فى مجال الجودة ، وقد أعزى الكثير من المختصين الذين درسوا هذه التجربة التفوق اليابانى وقدرة الشركات اليابانية على المنافسة فى الأسواق الدولية - إلى التفوق فى الجودة خاصة وأن تفوق الجودة اليابانية كان فى أسواق الدول المتقدمة وتحقيق ذلك بكلفة أو سعر أدنى مع تحسين خدمة الزبون فى الاعتمادية والتسليم السريع والاستجابة السريعة فى تطوير المنتجات حسب حاجات الزبون وظروف السوق .

تمثل التجربة اليابانية فى مجال الجودة رؤية شمولية تقوم على التحسين المستمر ، وفى هذه الرؤية فإن الطلب (بدءًا من الزبون وصولاً إلى المورد) هو دالة الإنتاج كما فى نظام الوقت المحدد (JIT) وأن الزبون هو نقطة البدء بالطلب . وحيث إن جودة العملية الإنتاجية تتكامل مع جودة التصميم وجودة التوريد من المواد والأجزاء وجودة العاملين وجودة الموردين فى إطار برنامج تحسين الجودة المستمر بكلفة أدنى خلافًا للمدخل التقليدى الذى يرى أن تحسين الجودة يرتبط بكلفة أعلى .

٢ - الجودة اليابانية : الخلفية والتطور :

لقد استفادت التجربة اليابانية من التجربة الأمريكية فى مجال الجودة ، وذلك من خلال الزيارات التى قام بها فى الخمسينيات كل من (جوران J.M.Juran) و (ديمنج W.E.Deming) ، وهما من خبراء الجودة البارزين فى الولايات المتحدة لتدريب

المديرين اليابانيين على مفاهيم الجودة والأساليب الإحصائية . وهناك اعتراف يكاد يكون عامًا بالدور الكبير الذى قام به (جوران وديمنج) فى التطور السريع لبرامج الجودة فى اليابان ، كما أن اليابانيين أنفسهم يعترفون بهذا الدور وخاصة ما قام به ديمنج ، واعترافًا بذلك فقد وضعت جائزة باسمه (Deming Award) التى تمنح لمن يقوم بإنجازات متميزة فى الجودة الصناعية فى اليابان . ومع ذلك فإن السؤال المهم هو إلى أى حد كان تأثير هذين الخبيرين على التجربة اليابانية فى مجال الجودة ، وإذا كان لهما تأثير حاسم كما يرى البعض ، ولم يكن لتتطور بدونه الجودة اليابانية ، فلماذا لم يكن لهؤلاء الخبراء نفس الدور فى الجودة الأمريكية التى واجهت منذ عقد السبعينيات ولازالت تواجه تحديًا كبيرًا فى الجودة اليابانية ؟ ومن أجل الإجابة عن هذه التساؤلات يمكن أن نورد ما يأتى :

أولاً : إن التجربة اليابانية قد جاءت بمفاهيم وأساليب جديدة فى مجال الجودة تتجاوز بشكل كبير المفاهيم السائدة حول الأساليب الإحصائية للرقابة على الجودة التى ترد عادة فى مقررات الدورات والبرامج التدريبية ، وأن ما حققته هذه المفاهيم والأساليب الجديدة من نتائج مهمة جعلت الشركات الأمريكية تتطلع إليها بوصفها عوامل فعالة فى التفوق اليابانى .

ثانيًا: إن التجربة الأمريكية فى مجال النوعية لازالت تعانى من مشكلات عميقة قد تجاوزتها التجربة اليابانية بعد أن قدمت معالجة فعالة لها ، وكنموذج على ذلك نورد تعليق (تاكيموتو Y.Takemoto) نائب رئيس شركة سانيو حيث يقول : لقد كان المديرون الأمريكيون فخورين بأن يظهروا لى كثرة المعدات الجيدة والأفراد الجيدين المدربين على فحص الجودة عند نهاية خط التجميع ، وتعجبت لماذا يحتاجون لمحطة فحص إذا هم أنتجوا منتجاتهم بشكل صحيح فى الموقع الأول . لقد أخبرت عمالنا بدقة وعناية أن يكملوا العمل المخصص وألا يرسلوا أى عمل غير كامل إلى أسفل خط التجميع ، وبهذه الطريقة نلغى معدل التلف نهائيًا .

ثالثًا : إن (جوران J.M.Joran) فى دراسة نشرها فى منتصف عام ١٩٩٣م فى مجلة هارفرد للأعمال يقول : "إن الكثير من الصناعيين يرون أن قيادة اليابان للعالم

فى جودة المنتوج هو نتيجة محاضرات ألقيت من قبل "ديمنج وجوران" وإذا كان ديمنج وأنا لم نعطِ هذه المحاضرات فإن المنتجات اليابانية ستظل بجودة العصر الحجرى ، وهذا كما يقول جوران لا يشاطر الحقيقة ، فإذا بقينا ديمنج وأنا فى بلدنا فإن اليابانيين سيحققون قيادة العالم فى الجودة بنفس الشاكلة ، إننا قدّمنا بداية الوثبة التى بدونها سيضع اليابانيون عملاً أكبر وفترة أطول ، ولكن سيظلون متقدمين على الولايات المتحدة فى ثورة الجودة " ، ويشير جوران أنه عند اندلاع الحرب العالمية الثانية كانت فى اليابان ثلاثة مستويات من الجودة وهى :

المستوى الأول : صادرات مستهلك ما قبل الحرب ، وكانت ذات جودة رديئة وهى أساس سمعة اليابان كمنتج للسلع الرديئة ؛ حيث إن "صنع فى اليابان" كان يعنى الجودة الأسوأ .

المستوى الثانى : جودة المنتجات والمعدات العسكرية حيث كانت اليابان تستخدم خبرة مديريها ومهندسيها ومواردها فى خدمة الطموحات الإمبراطورية ؛ مما حرم السلع الاستهلاكية فى المستوى الأولى من هذه الخبرات والموارد ؛ لهذا فإن جودة المعدات العسكرية اليابانية كانت منافسة لما موجود فى الغرب ، وأن الطوربيدات اليابانية كانت تتفوق على نظيرتها الأمريكية .

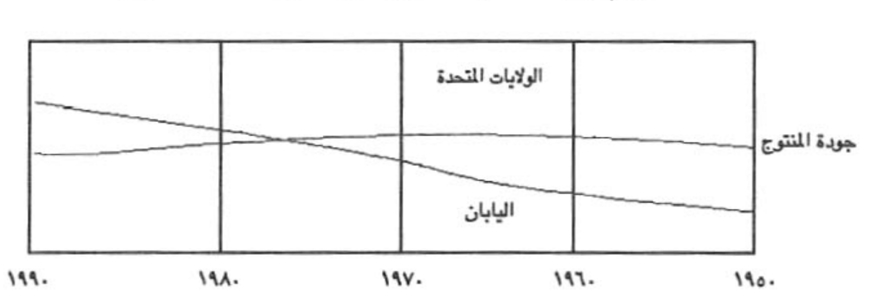
المستوى الثالث : هو عند قمة الهرم فى الجودة اليابانية ، ويتمثل فى التقليد اليابانى القديم للحرفة الدقيقة للسلع اليدوية ، فعندما وصل الألمان ضمن رحلات الاستكشاف فى القرن السادس عشر إلى جزر اليابان وجدوا منتجات يابانية معينة كالسيوف والورق والنحاس ونقوش الخشب كانت أرقى مما هو معروف فى أوربا فى ذلك الوقت .

لهذا كله نجد أن تطور الجودة فى اليابان يمتلك بعداً تاريخيًا فى تقاليد الحرفة الدقيقة اليابانية ، وأن التكنولوجيا الجديدة والطرق الحديثة والأساليب الإحصائية للرقابة على الجودة تمثل عوامل مساعدة مهمة فيما حققته اليابان فى هذا المجال . وربما هذا ينسجم مع ما أكده المديرون الأمريكيون فى أواخر السبعينيات الذين زاروا

اليابان لاكتشاف الأسباب والعوامل التى أدت إلى تطور جودة منتجاتها حيث كانوا يقولون عند عودتهم كما أورد ذلك جوران "أن اليابانيين يستخدمون نفس المعدات ، نفس المواد فى المدخلات ، ونفس عمليات التصنيع التى نستخدمها" ولكنهم طبعًا ينتجون بجودة أفضل وكلفة أقل .

وعند المقارنة فإن معدل تحسين الجودة فى اليابان منذ الخمسينيات كان أعلى من نظيره فى أوربا والولايات المتحدة . ويوضح الشكل رقم (١) هذا المعدل فى اليابان بالمقارنة مع الولايات المتحدة فى صناعة السيارات حيث يظهر جليًا أن الجودة الأمريكية كانت فى تطور ولكن بمعدل أبطأ من التطور فى الجودة اليابانية ، وأن تقاطع الخطوط كان مبكرًا أكثر بالمقارنة مع الدول الأوربية .

الشكل رقم (١) : معدل تحسين الجودة فى صناعة السيارات



٢ - الخصائص الأساسية للمدخل اليابانى فى مجال الجودة :

لابد أن نؤكد على أن تطور جودة المنتجات اليابانية قد حظى باعتراف واسع فى الولايات المتحدة وأوربا ، فبعد الحرب العالمية الثانية كانت السمعة اليابانية مقترنة بإنتاج السلع الرديئة ، ولكن بعد أقل من ثلاثة عقود أصبحت رمزًا للجودة عالية المستوى التى تسعى لبلوغها الدول الصناعية المتقدمة ، بعد أن أخذت المنتجات اليابانية تسيطر على الأسواق العالمية المهمة التى كانت أسواقًا تقليدية للمنتجات الأمريكية والأوربية ، فقد تفوقت الصناعة اليابانية فى سوق السيارات على الصناعة الأمريكية

والأوربية ، وفى صناعة الساعات وآلات التصوير تفوقت اليابان على سويسرا وألمانيا ، كما تفوقت على بريطانيا فى صناعة الدراجات النارية ، وتحاول التفوق على الأمريكيين الذين عرفوا تاريخياً بالسيطرة فى حقول الصناعة التقليدية مثل صناعة الصلب وبناء السفن وأجهزة البيانو والأجهزة الإلكترونية .

والسؤال المهم الذى يطرح نفسه هو : كيف حدث هذا ؟ وما هى الأسباب الكامنة وراء التفوق اليابانى فى الجودة ليس داخل اليابان وإنما خارجها ؟ والإجابة المتعجلة قد تقدم هذا العامل أو ذاك لتفسير ما حدث . فإذا ما نظرنا إلى مفهوم الجودة نجد أن هناك تعريفين هما الأكثر شيوعاً واستخداماً للجودة ، الأول قدمه (جوران J.M.Juran) عام ١٩٧٤م وهو أن الجودة هى "الملاءمة للاستعمال" وهو الذى يجعل الجودة أكثر قرباً من الزبون الذى يقوم بالاستعمال . والثانى قدمه (كروسبى P.B.Crosby) عام ١٩٧٩م الذى عرفها بأنها "مطابقة المواصفات ، وهذا يجعل الجودة أكثر قرباً من الإنتاج وخصائصه . والبعض يفسر التفوق اليابانى بأنه قام بالتركيز على الزبون (التعريف الأول) أكثر من التركيز على المواصفات وإنتاجها (التعريف الثانى) . ولكن مثل هذه التفسيرات لا تمثل إلا محاولة جزئية لا يمكن أن تحيط بالجوانب المختلفة لهذه التجربة ؛ لهذا فإن الإجابة التى نقدمها تكمن فى جانب أساسى منها فى خصائص التجربة اليابانية فى مجال الجودة . هذه الخصائص التى تمثل دروساً مهمة وفعالة يمكن الاستفادة منها من قبل الشركات الصناعية فى هذا المجال (انظر الشكل رقم (١) الذى يوضح هذه الخصائص) .

أولاً : النظرة الإستراتيجية للجودة :

إن اليابانيين استطاعوا أن يحققوا مواقع متقدمة فى المنافسة الشاملة القائمة على الجودة ، وذلك بالاعتماد على معالجة الجودة وفق منظور إستراتيجى وليس على أساس المدخل التقليدى الذى يعالج قضايا الجودة وفق منظور تشغيلى يقصر الجودة وإدارتها وتنظيمها على مقدار الفحص وعلى الرقابة على الجودة . ولقد لاحظ ولرايت

(S.C.WheelWright) فى تحليله المقارن لإستراتيجية العمليات فى الشركات الأمريكية واليابانية ، أن الشركات الأمريكية توسع من المجالات التشغيلية (التى تعالج على مستوى إدارى أدنى) ، وتدخل ضمن هذه المجالات الجودة خلافًا للشركات اليابانية التى تقلص هذه المجالات ، وتعالج الجودة وفق رؤية إستراتيجية وتمثل مجالاً من مجالات إستراتيجية العمليات .

لقد استطاعت الشركات اليابانية من خلال هذه النظرة الإستراتيجية للجودة ليس فقط معالجة تدنى سمعة المنتجات اليابانية السابقة ، وإنما أيضًا التفوق فى ميدان المنافسة على أساس التصنيع عالمى المستوى الذى أبرز مقوماته وعناصر القوة فيه هو النوعية على مستوى العالم .

ولقد قدمت الشركات اليابانية نموذجًا متقدمًا لإدارة الجودة الشاملة التى لا تقصر مهامها على الرقابة على الجودة إنما توسع مهامها بشكل كبير ليشمل ما يأتى :

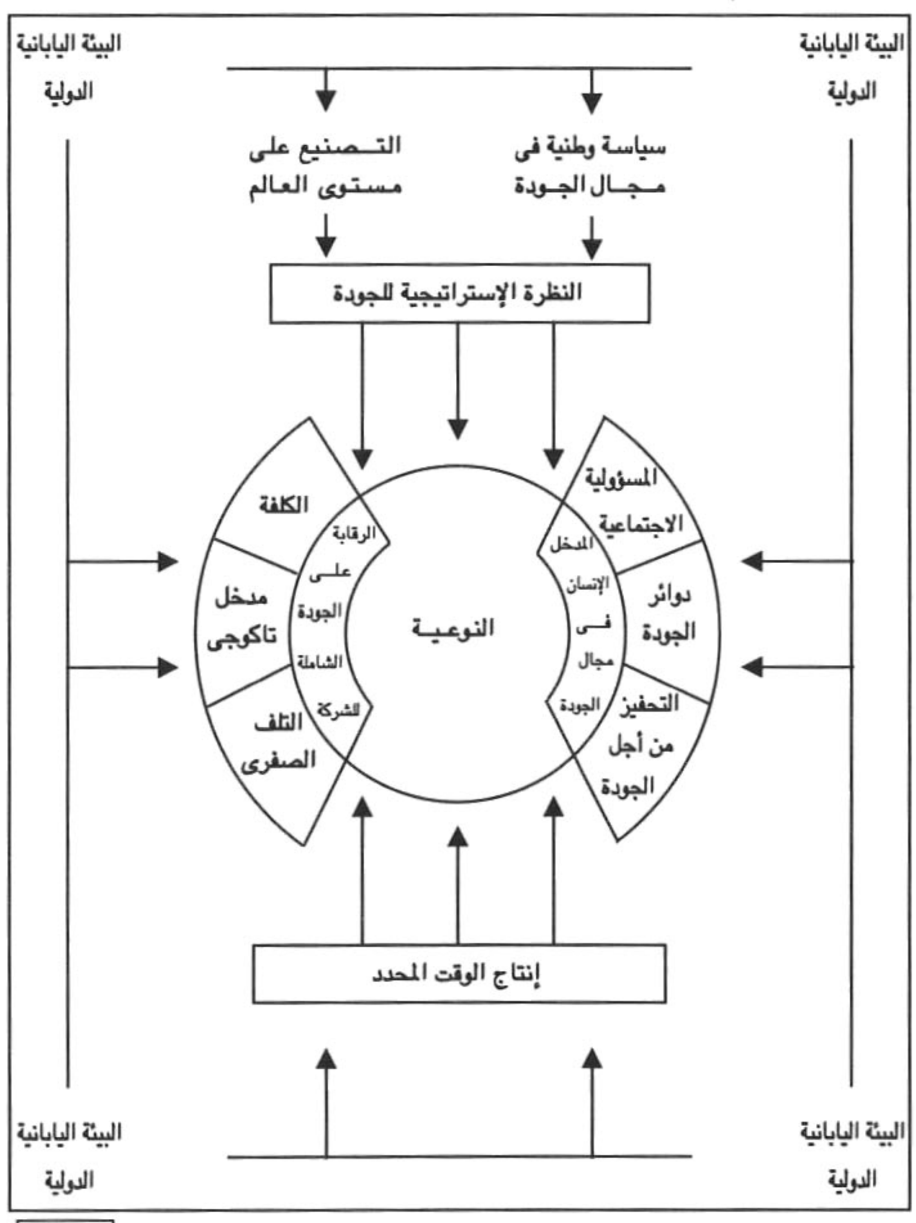
أ - السيطرة على العوامل المؤثرة بالجودة ، وهذه العوامل هى : الإدارة ، العاملون ، تصميم المنتوج ، التسهيلات ، العمليات ، المواد ، والموردون ، وبما يجعل عملية تصنيع الجودة فى ظروف مسيطر عليها .

ب - الاقتراب من الزبون : تجعل الشركات اليابانية الزبون هو نقطة البدء ؛ لأنه يمثل الطلب أى ما يمكن بيعه من الإنتاج . وأن توقعات الزبون مقترنة بشكل قوى بالنتائج المتوقعة من الجودة .

ج - ترابط النوعية مع أبعاد الأداء الأخرى : تعمل الشركات اليابانية على تحقيق الاتساق الفعال بين أبعاد الأداء كلها : الكلفة ، الاعتمادية ، المرونة ، والجودة ، وليس بصيغة المبادلات بينها ؛ مما يجعل الجودة بالعلاقة مع الأبعاد الأخرى مصدرًا أساسيًا للتفوق وتحقيق الميزة المتنافسة .

د - برامج التحسين المستمر للجودة : حيث إن هذه البرامج هى الأساس فى التلف الصفرى وفى تفوق الجودة .

الشكل رقم (٢) : الخصائص الأساسية للتجربة اليابانية فى مجال الجودة



ثانيا : وجود سياسة وطنية فى مجال الجودة :

لقد أشار (إبجلين وستالك Abegglen and Stalk) فى كتابهما عن الشركة اليابانية إلى مقارنة بين السياسة الحكومية الصناعية فى الولايات المتحدة واليابان مؤكدين على الاختلافات الآتية :

١ - أن الحكومة الأمريكية تؤكد على اللوائح المنظمة للصناعة ، بينما الحكومة اليابانية تؤكد على التعاون فى الصناعة .

٢ - أن الحكومة الأمريكية (وزارة العدل الأمريكية) تفرض قوانين ضد التكتلات للحد من قوة وحجم الشركات ، بينما لا توجد تقييدات مماثلة على الشركات اليابانية .

٣ - أن السياسة الأمريكية تحفز الاستهلاك بينما السياسة اليابانية تكافئ الإدخالات التى تنتج معدلات منخفضة للفائدة ، وتقلل من كلفة رأس المال فى قطاع الأعمال .

ومما يضاف إلى ذلك فى مجال الجودة هو وجود سياسة وطنية واضحة لتحسين الجودة ؛ حيث إن الأنشطة الأساسية التى ساهمت فى إدخال الأساليب الإحصائية الحديثة للرقابة على الجودة كانت بتأثير هذه السياسة ، ونشير فى هذا المجال إلى الدروس الستة التى أكدها (بيتر دركر P.F.Drucker) التى يمكن تعلمها من تجارب الإدارة الأخرى وخاصة تجارب اليابان وألمانيا ؛ حيث أورد فى الدرس الثانى أن تجارب الإدارة فى اليابان (وكذلك فى ألمانيا) تفكر بسياسة المنافع بعناية أكبر ، وأن المساعدات الحكومية تقدم حسب حاجات مستلميها ، وهذا يفسر دور الأجهزة الحكومية فى اليابان فى الخمسينيات فى تدريب عشرات الآلاف من المديرين والمهندسين والعمال على طريقة (ديمنج W.E.Deming) خبير الرقابة على الجود الإحصائية المعروف الذى أدخل هذه الأساليب إلى اليابان .

وهذا أيضًا ما فعله اتحاد العلماء والمهندسين اليابانيين (JUSE) فى تشجيع إدخال دوائر الجودة فى الشركات اليابانية ؛ مما يكشف أن الجودة فى التجربة اليابانية تستند إلى سياسة وطنية تساهم فى دعمها أجهزة حكومية وغير حكومية ، وهذا ما تفتقر إليه الجودة فى الكثير من التجارب الأخرى ومنها تجربة الجودة فى الولايات المتحدة .

ثالثا : الجودة مسؤولية الجميع :

إذا كانت الجودة تمثل قدرة الشركة الصناعية فإن تحقيق هذا التمثيل لا يمكن أن يتحقق إلا إذا كانت الجودة مسؤولية الجميع ، والتجربة اليابانية تقوم على أساس أن الجودة هى مسؤولية كل فرد فى الشركة بدءًا بالتزام عالٍ من قبل الإدارة وانتهاءً بمشاركة مباشرة وواسعة من قبل جميع الأقسام والعاملين . وخلافًا للمدخل التقليدى الذى يجعل الجودة من مسؤولية قسم الرقابة على الجودة ، فإن التجربة اليابانية تعطى المسؤولية المباشرة عن الجودة لقسم الإنتاج ؛ حيث إن هذه المسؤولية تكمن فى عمال الخط الإنتاجى وليس فى قسم شرطة الجودة ؛ فالعمال الذين ينتجون الجودة هم المسؤولون عنها ؛ لأنهم أقدر على اكتشاف التلف ومعالجة الأسباب المؤدية إليه ، وهذا ما يجعل النمط المطلوب من العمال هو نمط العمال متعددى المهارات الذين يكونون قادرين على اكتشاف التلف والانحراف عن المواصفات أولاً بأول دون انتظار ذلك حتى يتم الفحص أى بعد الإنتاج ، وبالتالى يكون متأخرًا جدًا . هؤلاء العمال يزودون بصلاحيات واسعة بما فيها صلاحية إيقاف الخط الإنتاجى عند وجود انحراف كبير من أجل تركيز كل الجهود لمعالجته .

أما قسم الرقابة على الجودة فتكون مسئوليته جمع المعلومات عن الجودة ونشرها ، فى حين يكون الفحص الفعلى من مسؤولية العمال ، كما أنه يقوم بالتنسيق بين الأقسام لضمان الجودة فى إطار علاقات تعاونية وليس علاقات عدائية تجعل من أفراده بمثابة رجال شرطة الجودة فى المصنع .

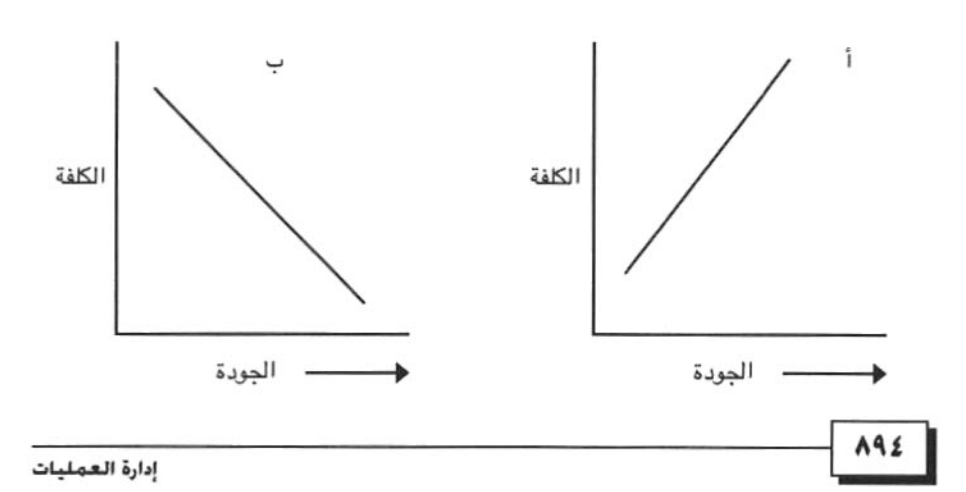
رابعا : جودة أعلى بكلفة أدنى :

وفق المدخل التقليدى فإن كل مستوى للجودة يترافق مع مستوى مكافئ من الكلفة ؛ فتحسين الجودة من مستوى أدنى إلى مستوى أعلى يتطلب زيادة الكلفة بشكل متكافئ مع التحسين . وهذا يعنى أن خصائص أفضل للمنتوج سوف تتطلب كلفة إضافية تتناسب خطيًا مع عملية التحسين ، وأن تقليص عدد المنتجات التالفة التى تصل إلى الزبون يتطلب زيادة فى أعمال الفحص والاختيار تتناسب مع الجهد الضرورى لمستوى

الثقة المطلوب فى المبيعات ، وهكذا تتم مبادلة الكلفة / الجودة (Cost/Quality Tradeoff) بالمدخل التقليدى ، والشكل رقم (٣-أ) يوضح العلاقة الخطية بين الكلفة والجودة .

أما فى التجربة اليابانية فإن الجهود تتركز على ما قبل الإنتاج (الشراء ، التوريد ، التصميم ، والهندسة) وعلى الإنتاج بما يؤدى إلى جودة جيدة مع تقليص واضح فى أنشطة الفحص وإعادة العمل وما يترافق مع ذلك من تخفيض كبير فى الكلفة ، ومن جانب آخر فإن الشركات الأمريكية (وكذلك الأوربية) ترى أن هناك مستوى مثاليًا للجودة يجب عدم تجاوزه ؛ لأن الزبائن لن يدفعوا للمستوى الأعلى منه . وهذا ما ترفضه الشركات اليابانية التى ترى أن تحسين الجودة يمثل نشاطًا مستمرًا بهدف تحسين المنافسة ، وأن الكلمة اليابانية (دانتوتسو) تعنى الكفاح من أجل أحسن الأحسن وهذه ترتبط بمصطلح آخر (Kaizan) وتعنى التحسين دائمًا ؛ حيث إن هذا التحسين ضرورى لزيادة الحصة فى السوق وخلق طلب جديد يساهم بدوره فى تحسين الكلفة ، والشكل رقم (٣ ـ ب) يمثل العلاقة الخطية العكسية بين الجودة والكلفة فى المدخل اليابانى .

الشكل رقم (٣) : العلاقة بين الكلفة والجودة



خامسا : التلف الصفرى :

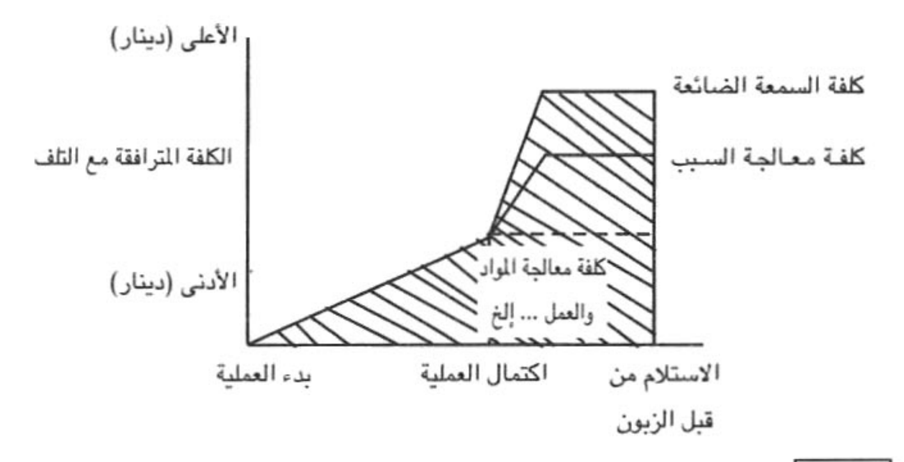
رغم أن مدخل التلف الصفرى ، قد تم تطويره فى الولايات المتحدة (فى صناعة الفضاء الأمريكية عام ١٩٦٢م) إلا أن الشركات الأمريكية تعتقد أن تحقيق التلف الصفرى صعب جداً ، بل إنها من الناحية العملية تعتمد ما يدعى مستوى الجودة المقبول الذى يعنى ضمنياً وجود مستوى التلف المقبول وفق نسبة الوحدات التالفة المسموحة للوجبة التى تكون مقبولة . أما فى التجربة اليابانية فلا مستوى مقبول للتلف ؛ لأن التلف يمثل هدراً . والواقع أن اليابانيين بسبب ظروفهم الجغرافية ومحدودية الموارد الطبيعية قد طوروا نظرة خاصة إلى الهدر ، ويمثل الهدر الناجم عن التلف كلفة عالية خاصة فى ظروف الإنتاج اليابانى وفق نظام الوقت المحدد (JIT) حيث المخزون الصفرى أو فى حدوده الدنيا لا يسمح بأية أخطاء فى الإنتاج ، وأن التلف يؤدى إلى توقف عمليات الإنتاج ؛ لهذا فإن التلف الصفرى بقدر ما يعبر عن نظرة يابانية ، فإنه وثيق الصلة بنظام (JIT) (كما سنوضح ذلك فى فقرة لاحقة) .

إن اليابانيين يرون أن الوقاية أفضل من التصليح أو إعادة العمل ؛ لهذا فإنهم يعتمدون مبدأ "اعملها بشكل صحيح من أول مرة" ؛ لأن كلفة التلف تتزايد بشكل كبير مع الوقت . ولتفسير ذلك نشير إلى أن كلفة الجودة فى الشركة (أى المصروفات الكلية لضمان إيفاء المنتوج بالمعايير القياسية) تتكون من ثلاثة أنوا ع من الكلف ، أولاً : كلفة الوقاية وهى كلفة الوقاية من التلف وتتكون عادة من كلفة تدريب العمال ، كلفة إعادة التصميم ، كلفة إعادة الهندسة لعمليات الإنتاج ، وضمان نوعية المواد ، وثانياً : كلفة التقييم كما فى الفحص واختبار الجودة ، ثالثًا : كلف الإخفاق وتتمثل فى كلف الإخفاق الداخلى (كلفة التلف قبل الوصول للزبون) ، كما فى كلفة العمل والمواد الخاصة بالمنتوج التالف ، كلفة إعادة العمل ، انخفاض درجة المنتوج ، ومن ثم بيعه بكلفة أدنى ، إعادة الاختبار بعد إعادة العمل ، كلفة التوقف عن العمل بفعل انخفاض الجودة ، وكلف الأنخفاض الخارجى (عند وصول التلف للزبون) كما فى كلف التصليح أو الاستبدال ، السلع المعادة ، كلفة السمعة المفقودة ، والتخفيض فى السعر لتعويض الجودة المنخفضة .

إن كلفة الوقاية كما تؤكد ذلك الشركات الحديثة تمثل الكلفة الأدنى وتتراوح بين (٥-١٠٪) من كلفة الجودة الكلية ، مقابل (٢٠-٢٥٪) كلفة التقييم و(٦٥-٧٥٪) كلفة الإخفاق ، والشكل رقم (٤) يوضح ذلك من خلال مبدأ القمع ؛ حيث إن كلفة التلف تزداد مع الوقت مع كل خطوة لاحقة كما يؤشر ذلك من خلال خط الكلفة والمنطقة المخططة ، وتكون الحالة المثلى هي حالة عدم التلف ، أي عند بدء العملية بدون تلف .

ولتوضيح هذا السلوك لكلفة التلف في هذا القمع ؛ نشير إلى وصف إحدى الشركات للتلف في مقاومة كلفتها (٢) سنتان حيث ورد في أحد تقاريرها ما يلي "إذا أنت اكتشفت المقاومة التالفة قبل استخدامها فإنها تكلف (٢) سِنتين ، وإذا لم تكتشفها حتى لحامها في جزء من الحاسبة فقد تكلف (١٠) دولارات لتصليح الجزء ، وإذا أنت لم تكتشف الجزء حتى وصوله إلى يد الزبون ؛ فإن كلفة التصليح قد تصل إلى مئات الدولارات وربما أكبر من كلفة الصنع" . وعليه فإن الوقاية ليست هي الأدنى كلفة فقط ، بل هي الطريق إلى التلف الصفري أيضاً .

الشكل رقم (٤) : مبدأ القمع : كلف الجودة كدالة للوقت



سادسا : مدخل تاكوجي للجودة

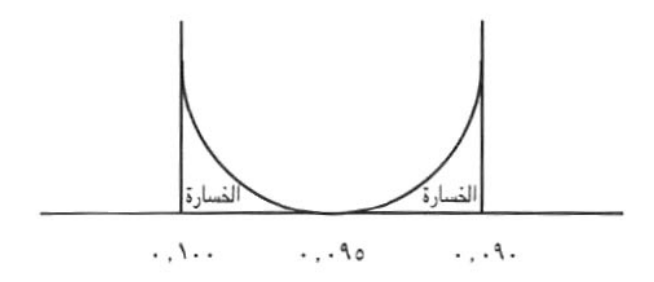
خلال الخمسينيات وبداية الستينيات قام الدكتور (جينجي تاكوجي Genichi Taguchi) بتصوير مدخله المعروف بمدخل تاكوجي للجودة (Taguchi's Approach to Quality) والذي أدى إلى منحه أرفع جائزة في اليابان في مجال الجودة عام ١٩٦٢م وهي جائزة ديمنج (Deming Award) .

إن مدخل تاكوجي لتحسين الجودة من خلال التصميم المتين يمثل رؤية جديدة إلى المنتوج وتصميم العملية بطريقة تكسبها المناعة ضد الانحرافات المسببة لتلف المنتوج وتدني جودته ، ففي صناعة القرميد (النموذج الأول الذي تم تطبيق مدخل تاكوجي فيه أواخر الخمسينيات) وعند فخر القراميد داخل الفرن وجد أن القراميد في الأطراف تفخر بشكل جيد مقارنة مع القراميد في الوسط ، أي أن عدم التماثل في الحرارة كان السبب في انحراف الجودة للقراميد ، وكان الخيار الأول لمعالجة ذلك تبديل الفرن بكلفة نصف مليون دولار والمعالجة وفق مدخل تاكوجي فبإعادة تصميم المنتوج (أو العملية أو كليهما) ومادته لجعله أكثر قوة ومناعة للتغير والانحراف ؛ وذلك من خلال زيادة المحتوى الجبسي للقراميد من (١٪) إلى (٥ ٪) ؛ مما يخفض بشكل كبير الانحرافات في أبعاد ونوعية القراميد .

إن مدخل تاكوجي بقدر ما يهتم بالبيئة الداخلية لجودة المنتوج (المادة الأولية ، تصميم المنتوج ، تصميم العملية ... إلخ) ؛ فإنه يهتم بالبيئة الخارجية ؛ لأن قياس الجودة يكون بشكل خسارة كلية أو ربح كلي للمجتمع ؛ لهذا فإن مدخل تاكوجي يقدم الرؤية الجديدة إلى المواصفات ؛ فالمواصفات هي المستهدفات والتفاوتات ، والمستهدفات تمثل القيم المثلى التي يتوقع أن يحققها الإنتاج والتفاوتات هي الانحرافات المقبولة عن القيم المثلى ، إن منتج رقائق الحاسبات يحدد مثلاً أن بعد أسلاك الرقيقة في الحاسبة يجب أن يكون (٠,٠٩٥ ± ٠,٠٠٥) إنج : لذا فإن المستهدف في هذه الحالة هو (٠,٠٩٥) إنج والتفاوتات (± ٠,٠٠٥) إنج ، وهذه النظرية التقليدية أعيد النظر فيها بفعل مدخل تاكوجي الذي يعرف الجودة بأنها تجنب الخسارة التي يسببها المنتوج للمصنع بعد شحنه . وإذا ما رجعنا إلى مثال المواصفة الخاصة بالرقيقة فإن مدخل تاكوجي يركز على المطابقة للمواصفة وليس على الاختلاف

أى المستهدفات ، وإن المواصفة (٠,٠٩٥ ± ٠,٠٠٥) إنج تعنى كقيمة فعلية الصنع لرقائق بعد بين الأسلاك يمتد من (٠,٠٩٠ إلى ٠,١٠٠) إنج ، ولكن ما الفرق الحقيقى بين (٠,٠٨٩) و(٠,٠٩٠) إنج ؟ إن الأول يعتبر خارج المواصفة ، ويجب إما إعادة عملها أو اعتبارها مخلفات إنتاج ، والثانى سيكون مقبولاً . ولكن فى الحالة الفعلية تأثيراتهما على مطابقة خصائص المنتوج ستكون تقريبًا متطابقة ؛ لهذا فإن مدخل تاكوجى يركز على التغير الأصغر عن القيمة المستهدفة (وهوالأفضل فى الجودة) ، وهذا ما يعبر عنه بأن الخسائر تزداد كدالة تربيعية عند التحرك إلى ما بعد القيمة المستهدفة ، وهذا ما يتضح فى الشكل رقم (٥) ؛ فالخسارة المجتمعية تكون أكبر كلما انحرفت عن (٠,٠٩٥) وفق دالة خسارة تاكوجى حتى ضمن المواصفة ؛ لهذا فإن المنتجات يجب أن تكون أكثر اتساقًا من خلال تقليص الانحراف عن (٠,٠٩٥) إنج .

الشكل رقم (٥) : دالة خسارة تاكوجى



ولا شك فى أن مدخل تاكوجى يمثل خصيصة أخرى (أو ميزة أخرى) لنظام الجودة فى اليابان من خلال إبراز أهمية ودور التصميم للمنتوج والعملية فى تحسين الجودة ، ومناعة المنتجات ضد الانحراف والتغير غير المرغوب أثناء الصنع أو عند الاستخدام من قبل الزبون .

سابعا : إنتاج الوقت المحدد :

إن إنتاج الوقت المحدد يمثل نظامًا يابانيًا فعالاً ؛ حيث يكون الإنتاج حسب الطلب ، وأحيانًا يدعى نظام الإنتاج بدون مخزون . ومع أن هذا النظام واسع وعميق فى عناصره وخصائصه (كما سبق طرحه فى الفصل العاشر) . ولكن ما يهمنا منه أن هذا النظام يعمل بشكل كفء على أساس المخزون الصفرى فلا يعود لدى العامل وكذلك الخط الإنتاجى احتياطى من المواد أو القطع تحت الصنع يعتمد عليها عند الخطأ أو التلف ، كما أن هذا النظام يعمل على وجبة الصنع الصغيرة (فى الحالة المثالية للنظام وجبة الصنع تساوى وحدة واحدة) ؛ لهذا فإن أى تدنٍ فى الجودة يكتشف بسرعة ؛ لأن وجبة الإنتاج الصغيرة يتم الانتهاء منها بسرعة فيتم الكشف السريع عن أى خلل فى جودة المنتجات خلافًا لإنتاج وجبة الإنتاج الكبير (المفضلة فى المدخل التقليدى) ؛ فإن اكتشاف الخلل فى الجودة يظل مستمراً لحين الانتهاء من الوجبة الكبيرة . ولقد أكدت الدراسات العديدة التى تناولت هذا النظام على أنه مصمم لحل المشكلات وتحقيق التلف الصفري ومستويات النوعية العالية ، وأن تطبيق هذا النظام يحقق مزايا كثيرة من بينها خفض كلفة الإخفاق (خردة ، إعادة عمل ، وضمانات) بنسبة (٤٠-٥٠٪) (انظر الفصل التاسع فى هذا الكتاب) .

ثامنا : دوائر الجودة :

إن دوائر الجودة أداة يابانية فعالة للتحفيز ومشاركة العاملين فى تحسين الجودة ؛ فدائرة الجودة عبارة عن مجموعة من العاملين (٣-١٥) يلتقون معًا بشكل طوعى ومنتظم لتحديد وتحليل وحل مشكلات الجودة وتحسينها فى مجال عملهم . وهذه الدوائر تفسح مجالاً واسعًا لمشاركة الجميع حيث ساهمت فى تحويل ثقافة المنظمة القائمة على أساس الربح / الخسارة (Culture of a Win \ Loss) ، أى ربح طرف (العمال مثلاً) وخسارة الطرف الآخر (الإدارة) إلى ثقافة تعاون على أساس الربح / الربح (Culture of a Win\Win) . ولعل فى البيئة اليابانية ما يجعل هذه الدوائر فعالة جداً فى تقديم الحلول والمقترحات لتحسين جميع جوانب العمل والإنتاج بما فيها

تحسين الجودة ، وهذا يفسر انتشارها حيث يوجد فى اليابان حوالى مليون دائرة جودة مسجلة ، وتكشف النتائج المتحققة عن أن دوائر الجودة يمكن أن تصبح مصدراً حيوياً للأفكار الجديدة للمشكلات المتعلقة بالجودة ، وأن الدولار المستثمر فيها يمكن أن يحقق (٣-٦) دولارات كاقتصاد بالنفقات . وهذا يحدث جراء الأفكار الكثيرة المقترحة ؛ ففى شركة تويوتا تقدم سنوياً (١,٩) مليون فكرة ، أى حوالى (٣٢) فكرة لكل عامل ، وأن الإدارة تنفذ أكثر من (٥) آلاف فكرة فى اليوم .

ولقد أشار روبرت هل (R.Hall) إلى التطور الكبير فى العدد الكلى للمقترحات المقدمة من قبل دوائر الجودة فى شركة تويوتا للفترة (٧٥-١٩٨٠م) حيث ازداد عدد المقترحات من (٩٠٠٠) مقترح عام ١٩٦٥م إلى (٨٥٩) ألف مقترح عام ١٩٨٠م ؛ ليزداد معدل المقترحات لكل عامل فى الشركة من (١) إلى (١٨,٧) مقترح لنفس الفترة على التوالى . وفى نفس الفترة ازداد معدل قبول هذه المقترحات من (٣٩٪) إلى (٩٤٪) على التوالى .

إن الجدول رقم (٦) يوضح هذا التطور ، كما يكشف عن أن الزيادة الكبيرة فى المقترحات كانت فى عام ١٩٧٣م ، وهذا يعود إلى الاستجابة الفعالة لشركة تويوتا لازمة النفط ؛ حيث إن الكثير من المقترحات كان يؤدى إلى توفير صغير والبعض الآخر يقود إلى توفير كبير فى الطاقة والموارد .

تاسعا : التحفيز من أجل الجودة :

فى المصانع اليابانية تكون الجودة منظورة بوضوح ؛ حيث إن إنجازات الجودة تعرض فى الطابق الأرضى لهذه المصانع فى مخططات وبيانات وأجهزة عرض بصرية كبيرة وعلب زجاجية ، وهذا كله يقترن بالبحث المستمر عن تحسين الجودة . ولقد أشار (وليم أوشى W.G.Ouchi) إلى اهتمام المصانع بمعاملة العاملين بالطرق الإنسانية فى كل الأحوال : لأنهم يقضون فترة طويلة فى العمل ، وهى معنية بخلق جو بهيج ، إضافة إلى اشتراك العاملين فى الحصول على المكافآت لزيادة دخلهم حيث "من الناحية النظرية كلما كانت الفطيرة أكبر حجماً ازدادت حصة الفرد من هذه الفطيرة" .

الجدول رقم (٦) : تطور عدد المقترحات ونسبة قبولها

السنة	العدد الكلى للمقترحات (ألف مقترح)	عدد المقترحات لكل عامل	نسبة القبول (٪)
١٩٦٥م	٩	١.٠	٣٩
١٩٧٠م	٤٠	٢.٥	٧٠
١٩٧٣م	٢٤٧	١٢.٢	٧٦
١٩٧٥م	٣٨٠	١٥.٣	٨٣
١٩٧٦م	٤٦٧	-	٨٣
١٩٧٧م	٤٥٤	-	٨٦
١٩٧٨م	٥٧٦	-	٩١
١٩٨٠م	٨٥٩	١٨.٧	٩٤

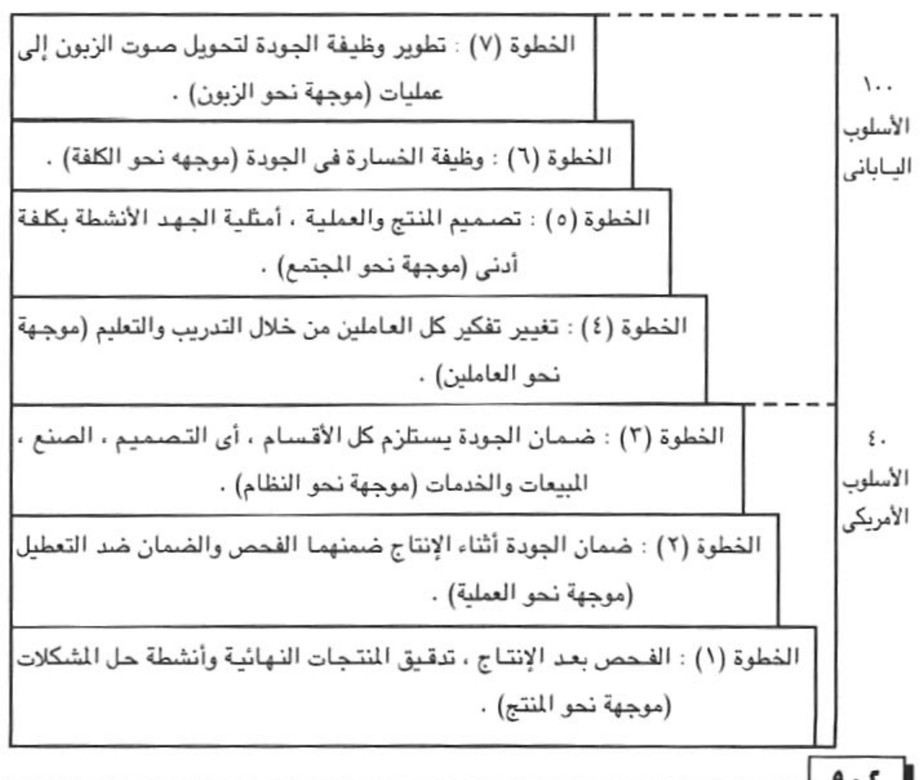
إن تحفيز العاملين فى بيئة نظام الوقت المحدد (JIT) يتمثل فى اعتبار العاملين هم المصدر الأكثر أهمية فى تقديم الحلول للمشكلات والأفكار لتحسين الجودة ؛ لهذا يتم تفويضهم صلاحية صنع القرارات المهمة مثل إيقاف الخط الإنتاجى عندما تظهر مشكلة تستوجب ذلك . واليابانيون يطلقون على هذا المفهوم تسمية (YO-I-don) ؛ حيث وفق هذا المفهوم يقوم العامل بإيقاف الخط عند وجود صعوبات ؛ فإذا تعرض العامل إلى مشكلة تستوجب مساعدة يقوم باستخدام النظام الضوئى (أندون Andon) ويشعل ضوء التحذير الأصفر ، وإذا لم تعالج المشكلة لدقيقة واحدة ؛ فإن الضوء الأحمر يضىء آليًا وتطلق صفارة الإنذار ويتوقف خط الإنتاج ؛ لتتركز كل الجهود على المشكلة لمعالجتها .

عاشرا : الرقابة على الجودة الشاملة :

فى عام ١٩٥١م وضع خبير الرقابة على الجودة الأمريكية (فيجنبوم A.V.Fiegenbaum) أسلوب الرقابة على الجودة الشاملة الذى استفاد منه اليابانيون

لتطوير نظامهم الخاص فى الرقابة على الجودة الشاملة الذى يطلق عليه نظام الرقابة على الجودة الشاملة للشركة ؛ حيث إن الأسلوب الأمريكى (TQC) فى حقيقة الأمر لا يمثل سوى جزء من الأسلوب اليابانى (CWQC) . واليابانيون طوروا مواصفات أسلوبهم ، ونشروه فى المواصفة الصناعية (١٩٨١م-Z81.1) وبدون أن نتوسع فى هذا الموضوع نشير إلى أن النظام اليابانى يتكون من سبع مراحل يمثل الأسلوب الأمريكى المراحل الثلاث الأول منها فقط والشكل رقم (٧) يوضح ذلك .

الشكل رقم (٧) : المراحل السبع لبناء الجودة فى الأسلوب اليابانى



يتضح من الشكل رقم (٧) أن الأسلوب الأمريكى فى الرقابة على الجودة الشاملة لا يمثل سوى (٤٠٪) من مراحل الأسلوب اليابانى ، والنتيجة الواضحة للأسلوبين هو أن جهد النوعية فى الشركات الأمريكية يتجه نحو حل مشكلات الجودة التى تظهر بدلاً من التوجه نحو تطويرها فى مراحلها المختلفة كما هو متبع فى الأسلوب اليابانى .

كما أن الأسلوب الأمريكى يعتمد على طرق المعاينة العشوائية فى الرقابة على الجودة ، وأن حجم العينة نمطيًا خمس وحدات (أى ن=٥) ، أما فى الأسلوب اليابانى وحيث إن العامل المسؤول عن الجودة يفحص كل وحدة منتجة ؛ فلا تستخدم طرق المعاينة ، وأن حجم العينة وحدتان (أى ن=٢) ويتألف من الوحدة الأولى والوحدة الأخيرة .

وبعد هذا العرض لأبرز الخصائص لابد من الإشارة إلى أن الأسلوب اليابانى بقدر ما يقوم على تسليط الضوء لمعالجة وحل المشكلات ؛ فإنه يوجه ضوءاً كاشفًا آخر من أجل تحسين الجودة حتى أصبحت الجودة اليابانية نموذجًا للتفوق اليابانى وقوته الدافعة .

المراجع :

أولا : الكتب

١ – بيتر . ف . دروكر "الإدارة بالنتائج" ترجمة د.عامر الكبيسى وراقية رؤوف الجلبى ، مطابع التعليم العالى ، بغداد ، ١٩٩٠م .

٢ – ريتشارد باسكال وانتونى ج اثوس "فن الإدارة اليابانية" ترجمه محمد حسن ياسين ، مطابع معهد الإدارة العامة ، الرياض ١٩٨٦م .

3- E.Adam. Jr. and R.J.Ebert,The Production and Operations Management, Prentice-Hall of India Private New Delhi 1993.

4- D. Bain, The Productivity Prescription, McGraw-Hill Book Co. New York 1982.

5- J. M.Croocock, The Chain of Quality, John Willy and Sons. New Yok 1986.

6- D .L. Dewar, Quality Circles, Quality Circles Institute, SA, (N.D.).

7- A. V. Feigenbaum, Total Quality Control, McGraw-Hill Book CO. New York 1983.

8- R .Hall, Zero Inventories, Homewood, I I I. Dow Jones- Irwin, 1983.

9- E. J. Hay, The Just-In-Time Breakthrough, John Willy and Sons. New York 1988.

10- J. Hiezer and B.Render, Production and Operations Management, Allan and Bacon, Inc, Boston, 1988.

11- J. M. Ivancevich et al, Management : Principles and Functions, Irwin, Home wood Boston 1989.

12- G. Kanawaty (Ed), Introduction to Work Study, ILO Geneva, 1992.

13- M.S.Phadke, Quality Engineering Using Robust Design, Printice-Hall International Inc UK 1989.

14- M.Robson, Quality Circles : A Practical Guide, Gower Publishing Co Aldershot, 1982.

15- J. E Ross and Y. K.Shetty, Making Quality : A Fundamental Part of Strategy, Cited in J. H. Dennelly, Jr. et. al (Editor), Perspective on Management Universal Book Stall, New Delhi 1987.

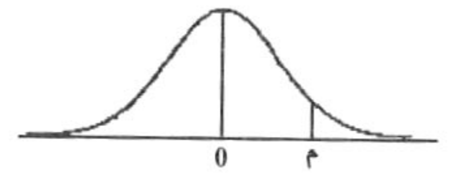
16- W. J. Stevenson, Production\Operation Management, Irwin, Homewood Boston, 1990.

ثانيا : الدوريات :

1- P. E. Drucker, Learning From Foreign Management, The Wall Street Journal,. June. 1980.

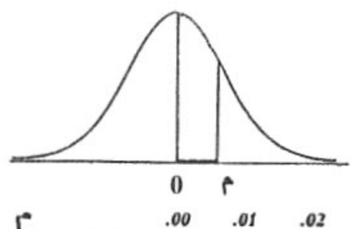
2- J. M. Joran, Made in U. S. A : A. Renaissance in Quality, HBR July-August 1993.

ملحق (أ) : المساحة تحت المنحنى الطبيعي القياسي من - ∞ إلى + م



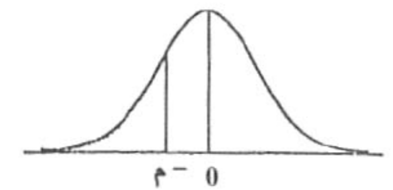
م	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.535
.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.575
.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.614
.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.651
.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.687
.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.722
.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.754
.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7703	.7734	.7764	.7794	.7823	.785
.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.813
.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.838
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

ملحق (ب) : المساحة تحت المنحنى الطبيعي ، صفر إلى م



م	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.0000	.0040	.0080	.0120	.0160	.0199	.0239	.0279	.0319	.0359
0.1	.0398	.0438	.0478	.0517	.0557	.0596	.0636	.0675	.0714	.0753
0.2	.0793	.0832	.0871	.0910	.0948	.0987	.1026	.1064	.1103	.1141
0.3	.1179	.1217	.1255	.1293	.1331	.1368	.1406	.1443	.1480	.1517
0.4	.1554	.1591	.1628	.1664	.1700	.1736	.1772	.1808	.1844	.1879
0.5	.1915	.1950	.1985	.2019	.2054	.2088	.2123	.2157	.2190	.2224
0.6	.2257	.2291	.2324	.2357	.2389	.2422	.2454	.2486	.2517	.2549
0.7	.2580	.2611	.2642	.2673	.2703	.2734	.2764	2794	.2823	.2852
0.8	.2881	.2910	.2939	.2967	.2995	.3023	.3051	3078	.3106	.3133
0.9	.3159	.3186	.3212	.3238	.3264	.3289	.3315	3340	.3365	.3389
1.0	.3413	.3438	.3461	.3485	.3508	.3531	.3554	3577	.3599	.3621
1.1	.3643	.3665	.3686	.3708	.3729	.3749	.3770	.3790	.3810	.3830
1.2	.3849	.3869	.3888	.3907	.3925	.3944	.3962	3980	.3997	.4015
1.3	.4032	.4049	.4066	.4082	.4099	.4115	.4131	.4147	.4162	.4177
1.4	.4192	.4207	.4222	.4236	.4251	.4265	.4279	.4292	.4306	.4318
1.5	.4332	.4345	.4357	.4370	.4382	.4394	.4406	.4418	.4429	.4441
1.6	.4452	.4463	.4474	.4484	.4495	.4505	.4515	.4525	.4535	.4545
1.7	.4554	.4564	.4573	.4582	.4591	.4599	.4608	.4616	.4625	.4633
1.8	.4641	.4649	.4656	.4664	.4671	.4678	.4686	.4693	.4699	.4706
1.9	.4713	.4719	.4726	.4732	.4738	.4744	.4750	.4756	.4761	.4767
2.0	.4772	.4778	.4783	.4788	.4793	.4798	.4803	.4808	.4812	.4817
2.1	.4821	.4826	.4830	.4834	.4838	.4842	.4846	.4850	.4854	.4857
2.2	.4861	.4864	.4868	.4871	.4875	.4878	.4881	.4884	.4887	.4890
2.3	.4893	.4896	.4898	.4901	.4904	.4906	.4909	.4911	.4913	.4916
2.4	.4918	.4920	.4922	.4925	.4927	.4929	.4931	.4932	.4934	.4936
2.5	.4938	.4940	.4941	.4943	.4945	.4946	.4948	.4949	.4951	.4952
2.6	.4953	.4955	.4956	.4957	.4959	.4960	.4961	.4962	.4963	.4964
2.7	.4965	.4966	.4967	.4968	.4969	.4970	.4971	.4972	.4973	.4974
2.8	.4974	.4975	.4976	.4977	.4977	.4978	.4979	.4979	.4980	.4981
2.9	.4981	.4982	.4982	.4983	.4984	.4984	.4985	.4985	.4986	.4986
3.0	.4987	.4987	.4987	.4988	.4988	.4989	.4989	.4989	.4990	.4990

ملحق (جـ) : المساحة تحت المنحنى الطبيعي القياسي من ∞ إلى م



.09	.08	.07	.06	.05	.04	.03	.02	.01	.00	م
.0002	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	−3.4
.0003	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0005	.0005	.0005	−3.3
.0005	.0005	.0005	.0006	.0006	.0006	.0006	.0006	.0007	.0007	−3.2
.0007	.0007	.0008	.0008	.0008	.0008	.0009	.0009	.0009	.0010	−3.1
.0010	.0010	.0011	.0011	.0011	.0012	.0012	.0013	.0013	.0013	−3.0
.0014	.0014	.0015	.0015	.0016	.0016	.0017	.0018	.0018	.0019	−2.9
.0019	.0020	.0021	.0021	.0022	.0023	.0023	.0024	.0025	.0026	−2.8
.0026	.0027	.0028	.0029	.0030	.0031	.0032	.0033	.0034	.0035	−2.7
.0036	.0037	.0038	.0039	.0040	.0041	.0043	.0044	.0045	.0047	−2.6
.0048	.0049	.0051	.0052	.0054	.0055	.0057	.0059	.0060	.0062	−2.5
.0064	.0066	.0068	.0069	.0071	.0073	0075	.0078	.0080	.0082	−2.4
.0084	.0087	.0089	.0091	.0094	.0096	.0099	.0102	.0104	.0107	−2.3
.0110	.0113	.0116	.0119	.0122	.0125	.0129	.0132	.0136	.0139	−2.2
.0143	.0146	.0150	.0154	.0158	.0162	.0166	.0170	.0174	.0179	−2.1
.0183	.0188	.0192	.0197	.0202	.0207	.0212	.0217	.0222	.0228	−2.0
.0233	.0239	.0244	.0250	.0256	.0262	.0268	.0274	.0281	.0287	−1.9
.0294	.0301	.0307	.0314	.0322	.0329	.0336	.0344	.0351	.0359	−1.8
.0367	.0375	.0384	.0392	.0401	.0409	.0418	.0427	.0436	.0446	−1.7
.0455	.0465	.0475	.0485	.0495	.0505	.0516	.0526	.0537	.0548	−1.6
.0559	.0571	.0582	.0594	.0606	.0618	.0630	.0643	.0655	.0668	−1.5
.0681	.0694	.0708	.0721	.0735	.0749	.0764	.0778	.0793	.0808	−1.4
.0823	.0838	.0853	.0869	.0885	.0901	.0918	.0934	.0951	.0968	−1.3
.0985	.1003	.1020	.1038	.1056	.1075	.1093	.1112	.1131	.1151	−1.2
.1170	.1190	.1210	.1230	.1251	.1271	.1292	.1314	.1335	.1357	−1.1
.1379	.1401	.1423	.1446	.1469	.1492	.1515	.1539	.1562	.1587	−1.0
.1611	.1635	.1660	.1685	.1711	.1736	.1762	.1788	.1814	.1841	−0.9
.1867	.1894	.1922	.1949	.1977	.2005	.2033	.2061	.2090	.2019	−0.8
.2148	.2177	.2206	.2236	.2266	.2296	.2327	.2358	.2389	.2420	−0.7
.2451	.2483	.2514	.2546	.2578	.2611	.2643	.2676	.2709	.2743	−0.6
.2776	.2810	2843	.2877	.2912	.2946	.2981	.3015	.3050	.3085	−0.5
.3121	.3156	.3192	.3228	.3264	.3300	.3336	.3372	.3409	.3446	−0.4
.3483	.3520	3557	.3594	.3632	.3669	.3707	.3745	.3783	.3821	−0.3
.3859	.3897	.3936	.3974	.4013	.4052	.4090	.4129	.4168	.4207	−0.2
.4247	.4286	.4325	.4364	.4404	.4443	.4483	.4522	.4562	.4602	−0.1
.4641	.4681	.4721	.4761	.4801	.4840	.4880	.4920	.4960	.5000	−0.0

ملحق (د) : احتمالات بواسون التراكمية

	x												
np	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
.05	.951	.999	1.000										
.10	.905	.995	1.000										
.15	.861	.990	.999	1.000									
.20	.819	.982	.999	1.000									
.25	.779	.974	.998	1.000									
.30	.741	.963	.996	1.000									
.35	.705	.951	.994	1.000									
.40	.670	.938	.992	.999	1.000								
.45	.638	.925	.989	.999	1.000								
.50	.607	.910	.986	.998	1.000								
.55	.577	.894	.982	.998	1.000								
.60	.549	.878	.977	.997	1.000								
.65	.522	.861	.972	.996	.999	1.000							
.70	.497	.844	.966	.994	.999	1.000							
.75	.472	.827	.959	.993	.999	1.000							
.80	.449	.809	.953	.991	.999	1.000							
.85	.427	.791	.945	.989	.998	1.000							
.90	.407	.772	.937	.987	.998	1.000							
.95	.387	.754	.929	.984	.997	1.000							
1.0	.368	.736	.920	.981	.996	.999	1.000						
1.1	.333	.699	.900	.974	.995	.999	1.000						
1.2	.301	.663	.879	.966	.992	.998	1.000						
1.3	.273	.627	.857	.957	.989	.998	1.000						
1.4	.247	.592	.833	.946	.986	.997	.999	1.000					
1.5	.223	.558	.809	.934	.981	.996	.999	1.000					
1.6	.202	.525	.783	.921	.976	.994	.999	1.000					
1.7	.183	.493	.757	.907	.970	.992	.998	1.000					
1.8	.165	.463	.731	.891	.964	.990	.997	.999	1.000				
1.9	.150	.434	.704	.875	.956	.987	.997	.999	1.000				
2.0	.135	.406	.677	.857	.947	.983	.995	.999	1.000				
2.2	.111	.355	.623	.819	.928	.975	.993	.998	1.000				
2.4	.091	.308	.570	.779	.904	.964	.988	.997	.999	1.000			
2.6	.074	.267	.518	.736	.877	.951	.983	.995	.999	1.000			
2.8	.061	.231	.469	.692	.848	.935	.976	.992	.998	.999	1.000		
3.0	.050	.199	.423	.647	.815	.916	.966	.988	.996	.999	1.000		
3.2	.041	.171	.380	.603	.781	.895	.955	.983	.994	.998	1.000		
3.4	.033	.147	.340	.558	.744	.871	.942	.977	.992	.997	.999	1.000	
3.6	.027	.126	.303	.515	.706	.844	.927	.969	.988	.996	.999	1.000	
3.8	.022	.107	.269	.473	.668	.816	.909	.960	.984	.994	.998	.999	1.000
4.0	.018	.092	.238	.433	.629	.785	.889	.949	.979	.992	.997	.999	1.000

تكملة ملحق (د) : احتمالات بواسون التراكمية

np	x: 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4.2	.015	.078	.210	.395	.590	.753	.867	.936	.972	.989	.996	.999	1.000	
4.4	.012	.066	.185	.359	.551	.720	.844	.921	.964	.985	.994	.998	.999	1.000
4.6	.010	.056	.163	.326	.513	.686	.818	.905	.955	.980	.992	.997	.999	1.000
4.8	.008	.048	.143	.294	.476	.651	.791	.887	.944	.975	.990	.996	.999	1.000
5.0	.007	.040	.125	.265	.440	.616	.762	.867	.932	.968	.986	.995	.998	.999
5.2	.006	.034	.109	.238	.406	.581	.732	.845	.918	.960	.982	.993	.997	.999
5.4	.005	.029	.095	.213	.373	.546	.702	.822	.903	.951	.977	.990	.996	.999
5.6	.004	.024	.082	.191	.342	.512	.670	.797	.886	.941	.972	.988	.995	.998
5.8	.003	.021	.072	.170	.313	.478	.638	.771	.867	.929	.965	.984	.993	.997
6.0	.002	.017	.062	.151	.285	.446	.606	.744	.847	.916	.957	.980	.991	.996
6.2	.002	.015	.054	.134	.259	.414	.574	.716	.826	.902	.949	.975	.989	.995
6.4	.002	.012	.046	.119	.235	.384	.542	.687	.803	.886	.939	.969	.986	.994
6.6	.001	.010	.040	.105	.213	.355	.511	.658	.780	.869	.927	.963	.982	.992
6.8	.001	.009	.034	.093	.192	.327	.480	.628	.755	.850	.915	.955	.978	.990
7.0	.001	.007	.030	.082	.173	.301	.450	.599	.729	.830	.901	.947	.973	.987
7.2	.001	.006	.025	.072	.156	.276	.420	.569	.703	.810	.887	.937	.967	.984
7.4	.001	.005	.022	.063	.140	.253	.392	.539	.676	.788	.871	.926	.961	.980
7.6	.001	.004	.019	.055	.125	.231	.365	.510	.648	.765	.854	.915	.954	.976
7.8	.000	.004	.016	.048	.112	.210	.338	.481	.620	.741	.835	.902	.945	.971
8.0	.000	.003	.014	.042	.100	.191	.313	.453	.593	.717	.816	.888	.936	.966
8.2	.000	.003	.012	.037	.089	.174	.290	.425	.565	.692	.796	.873	.926	.960
8.4	.000	.002	.010	.032	.079	.157	.267	.399	.537	.666	.774	.857	.915	.952
8.6	.000	.002	.009	.028	.070	.142	.246	.373	.509	.640	.752	.840	.903	.945
8.8	.000	.001	.007	.024	.062	.128	.226	.348	.482	.614	.729	.822	.890	.936
9.0	.000	.001	.006	.021	.055	.116	.207	.324	.456	.587	.706	.803	.876	.926
9.2	.000	.001	.005	.018	.049	.104	.189	.301	.430	.561	.682	.783	.861	.916
9.4	.000	.001	.005	.016	.043	.093	.173	.279	.404	.535	.658	.763	.845	.904
9.6	.000	.001	.004	.014	.038	.084	.157	.258	.380	.509	.633	.741	.828	.892
9.8	.000	.001	.003	.012	.033	.075	.143	.239	.356	.483	.608	.719	.810	.879
10.0	0	.000	.003	.010	.029	.067	.130	.220	.333	.458	.583	.697	.792	.864
10.2	0	.000	.002	.009	.026	.060	.118	.203	.311	.433	.558	.674	.772	.849
10.4	0	.000	.002	.008	.023	.053	.107	.186	.290	.409	.533	.650	.752	.834
10.6	0	.000	.002	.007	.020	.048	.097	.171	.269	.385	.508	.627	.732	.817
10.8	0	.000	.001	.006	.017	.042	.087	.157	.250	.363	.484	.603	.710	.799
11.0	0	.000	.001	.005	.015	.038	.079	.143	.232	.341	.460	.579	.689	.781
11.2	0	.000	.001	.004	.013	.033	.071	.131	.215	.319	.436	.555	.667	.762
11.4	0	.000	.001	.004	.012	.029	.064	.119	.198	.299	.413	.532	.644	.743
11.6	0	.000	.001	.003	.010	.026	.057	.108	.183	.279	.391	.508	.622	.723
11.8	0	.000	.001	.003	.009	.023	.051	.099	.169	.260	.369	.485	.599	.702
12.0	0	.000	.001	.002	.008	.020	.046	.090	.155	.242	.347	.462	.576	.682

تكملة ملحق (د) : احتمالات بواسون التراكمية

X

np	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12.2	0	0	0.000	0.002	0.007	0.018	0.041	0.081	0.142	0.225	0.327	0.439	0.553	0.660
12.4	0	0	0.000	0.002	0.006	0.016	0.037	0.073	0.131	0.209	0.307	0.417	0.530	0.639
12.6	0	0	0.000	0.001	0.005	0.014	0.033	0.066	0.120	0.194	0.288	0.395	0.508	0.617
12.8	0	0	0.000	0.001	0.004	0.012	0.029	0.060	0.109	0.179	0.269	0.374	0.485	0.595
13.0	0	0	0.000	0.001	0.004	0.011	0.026	0.054	0.100	0.166	0.252	0.353	0.463	0.573
13.2	0	0	.000	.001	.003	.009	.023	.049	.091	.153	.235	.333	.441	.551
13.4	0	0	.000	.001	.003	.008	.020	.044	.083	.141	.219	.314	.420	.529
13.6	0	0	.000	.001	.002	.007	.018	.039	.075	.130	.204	.295	.399	.507
13.8	0	0	.000	.001	.002	.006	.016	.035	.068	.119	.189	.277	.378	.486
14.0	0	0	0	.000	.002	.006	.014	.032	.062	.109	.176	.260	.358	.464
14.2	0	0	0	.000	.002	.005	.013	.028	.056	.100	.163	.244	.339	.443
14.4	0	0	0	.000	.001	.004	.011	.025	.051	.092	.151	.228	.320	.423
14.6	0	0	0	.000	.001	.004	.010	.023	.046	.084	.139	.213	.302	.402
14.8	0	0	0	.000	.001	.003	.009	.020	.042	.077	.129	.198	.285	.383
15.0	0	0	0	.000	.001	.003	.008	.018	.037	.070	.118	.185	.268	.363
15.2	0	0	0	.000	.001	.002	.007	.016	.034	.064	.109	.172	.251	.344
15.4	0	0	0	.000	.001	.002	.006	.014	.030	.058	.100	.160	.236	.326
15.6	0	0	0	.000	.001	.002	.005	.013	.027	.053	.092	.148	.221	.308
15.8	0	0	0	0	.000	.002	.005	.011	.025	.048	.084	.137	.207	.291
16.0	0	0	0	0	.000	.001	.004	.010	.022	.043	.077	.127	.193	.275
16.2	0	0	0	0	.000	.001	.004	.009	.020	.039	.071	.117	.180	.259
16.4	0	0	0	0	.000	.001	.003	.008	.018	.035	.065	.108	.168	.243
16.6	0	0	0	0	.000	.001	.003	.007	.016	.032	.059	.100	.156	.228
16.8	0	0	0	0	.000	.001	.002	.006	.014	.029	.054	.092	.145	.214
17.0	0	0	0	0	.000	.001	.002	.005	.013	.026	.049	.085	.135	.201
17.2	0	0	0	0	.000	.001	.002	.005	.011	.024	.045	.076	.125	.188
17.4	0	0	0	0	.000	.001	.002	.004	.010	.021	.041	.071	.116	.176
17.6	0	0	0	0	0	.000	.001	.004	.009	.019	.037	.065	.107	.164
17.8	0	0	0	0	0	.000	.001	.003	.008	.017	.033	.060	.099	.153
18.0	0	0	0	0	0	.000	.001	.003	.007	.015	.030	.055	.092	.143
18.2	0	0	0	0	0	.000	.001	.003	.006	.014	.027	.050	.085	.133
18.4	0	0	0	0	0	.000	.001	.002	.006	.012	.025	.046	.078	.123
18.6	0	0	0	0	0	.000	.001	.002	.005	.011	.022	.042	.072	.115
18.8	0	0	0	0	0	.000	.001	.002	.004	.010	.020	.038	.066	.106
19.0	0	0	0	0	0	.000	.001	.002	.004	.009	.018	.035	.061	.098
19.2	0	0	0	0	0	0	.000	.001	.003	.008	.017	.032	.056	.091
19.4	0	0	0	0	0	0	.000	.001	.003	.007	.015	.029	.051	.084
19.6	0	0	0	0	0	0	.000	.001	.003	.006	.013	.026	.047	.078
19.8	0	0	0	0	0	0	.000	.001	.002	.006	.012	.024	.043	.072
20.0	0	0	0	0	0	0	.000	.001	.002	.005	.011	.021	.039	.066

المؤلف في سطور

- د. نجم عبُّود نجم .
- ولد فى بغداد بالعراق .

المؤهل العلمى :

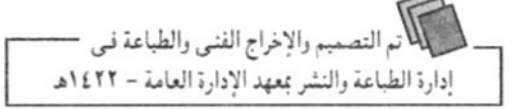
- حاصل على شهادة الدكتوراه فى إدارة الإنتاج من أكاديمية الدراسات الاقتصادية - بوخارست / رومانيا عام ١٩٨١م .

الوظيفة الحالية :

- يعمل أستاذاً مساعداً فى المعهد المهنى العالى بدرنة - ليبيا .

الخبرات العملية والعلمية :

- عمل محاضراً فى كلية الإدارة والاقتصاد بجامعة بغداد .
- شارك في مناقشة رسائل الدراسات العليا فى جامعة بغداد وجامعة قاريونس فى بنغازى ، كما عمل في مجال التدريس لطلاب الدراسات العليا فى الجامعتين .
- نشر العديد من الكتب والبحوث العلمية المحكمة فى مجال تخصصه العلمى منها :
- كتاب (نظام الوقت المحدد) منشور من قبل المنظمة العربية للتنمية الإدارية ١٩٩٥م .
- كتاب (أخلاقيات الإدارة فى عالم متغير) تحت النشر لدى المنظمة العربية للتنمية الإدارية .
- الخصائص الأساسية للتجربة اليابانية فى مجال الإنتاجية عام ١٩٩٦م .
- الآثار المتعلقة بالهندسة البشرية للعاملين على وحدات العرض البصرية (بحث مشترك) عام ١٩٩٧م .
- الجودة عالية المستوى ١٩٩٩م .
- المشاركة فى العديد من المؤتمرات والحلقات العلمية الدراسية .
- المشاركة فى العديد من البرامج والدورات التخصصية .


تم التصميم والإخراج الفنى والطباعة فى
إدارة الطباعة والنشر بمعهد الإدارة العامة - ١٤٢٢هـ



هذا الكتاب

يعرض الكتاب لموضوع إدارة العمليات ومفاهيمها وتطبيقاتها وتطورها ، ويناقش الإستراتيجية والفرق بين الخدمة والإنتاج ، ويحلل ويرصد مساهمات العلماء في تطور إدارة العمليات من عام ١٧٧٦م حتى نهاية الألفية الثانية . كما يعرض للتجربة اليابانية في إستراتيجية العمليات ويقارنها بالتجربة الأمريكية ، ويناقش موضوعات مهمة مثل : الخصائص الأساسية لإستراتيجية العمليات والشركة الخلاقة للمعرفة ، والأسبقيات التنافسية ، وبناء الشبكيات المتعلقة بالكلفة والمسار الحرج .

ثم يتناول المؤلف العوامل المؤثرة على اختيار موقع المشروع والاتجاهات الحديثة في اختيار الموقع ، والأنواع الأساسية للتنظيم الداخلي وتنظيم المستودعات ، وتقدير الطلب والعرض وأساليب التنبوء ، وأساليب تطوير المنتجات وإدارة المخزون ، وتقدير الاحتياجات من المواد ، وجدولة الإنتاج وإزالة الهدر والصيانة الوقائية ومقاييس الكفاءة .

ثم يختتم الكتاب بموضوع الجودة في إدارة العمليات ، وقد تم تقسيم مادة الكتاب إلى أربعة عشر فصلاً تضمنت أسئلة للتطبيق وقائمة بالمراجع الهامة .



ردمك : ٥ - ٠٦٩ - ١٤ - ٩٩٦٠

تصميم وإخراج وطباعة
الإدارة العامة للطباعة والنشر بمعهد الإدارة العامة - ١٤٢٢هـ